Treinamento

Desenvolvimento Tecnológico DT-13

Pintura industrial com tintas em pó

PREFÁCIO

Os revestimentos de superfície por pintura vêm sendo utilizados há milhares de anos, com um aumento gradual de seu consumo.

Apenas a partir do final do século 19 iniciou-se efetivamente uma indústria de pintura, surgida através da necessidade de proteção de máquinas e equipamentos que foram se desenvolvendo com o início da revolução industrial.

A partir daí, sentiu-se a necessidade de não apenas decorar, mas principalmente proteger as superfícies.

O sucesso de uma tinta não depende exclusivamente de sua qualidade e características técnicas, mas também fundamentalmente, do estado e preparo das superfícies em que serão aplicadas. Acrescenta-se a isso o fato de que muitas pessoas que vão utilizar esses produtos apresentam um desconhecimento justificável, levando-os por vezes, a resultados pouco produtivos e inadequados para o fim a que se destina.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Autor: Fábio Kränkel, Seção de Marketing da WEG Tintas Ltda.
Revisão: 04

1. OBJETIVOS DO CURSO SOBRE TINTAS EM PÓ

Esta apostila tem como objetivo proporcionar a oportunidade de uma troca de informações com os profissionais da área de pintura visando uma ampliação de conhecimentos no que diz respeito a produtos, tratamento de superfícies, sistemas de aplicação, bem como principais problemas e suas correções. Também tem por objetivo:

a) Orientar quanto aos tipos de tintas em pó e suas aplicações de acordo com suas características, de forma a viabilizar o seu uso correto.

b) Orientar quanto à utilização de equipamentos, processos e condições que garantam a qualidade da aplicação do produto.

c) Informar e dar suporte técnico para as pessoas que utilizam ou que estão em fase de mudança para a pintura a pó.

2. IMPORTÂNCIA DA PINTURA

A pintura tem por objetivo depositar um filme de tinta sobre uma superfície metálica ou não metálica, com as seguintes finalidades: proteção anticorrosiva, estética, segurança, etc.

É composta por três etapas onde cada uma delas tem um importante papel para garantir o desempenho da pintura.

As etapas são: Preparação da superfície, Aplicação e a Tinta.

PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

Deve ser realizada por profissionais treinados, com completa remoção de materiais estranhos ou contaminantes presos na superfície, quando necessário, criando rugosidade (de acordo com a especificação) no substrato para uma melhor aderência da tinta. Nas indústrias, são usados vários métodos de preparação de superfície, tais como: desengraxe, fosfatização, jateamentos com granalha em que o abrasivo é projetado contra a superfície por jato de ar ou por turbinas centrífugas.

APLICAÇÃO DAS TINTAS

Deve ser realizada por profissionais devidamente qualificados, usando de técnicas e equipamentos adequados. Podem ser utilizados desde a aplicação com sistema corona, sistema tribo e sistema automático (serão vistos no item 13 – Aplicação).

TINTAS

Uma tinta deve possuir tecnologia de formulação, controle rigoroso de qualidade das matérias primas e do processo de fabricação. A escolha deve ser criteriosa e deve resistir à agressividade do ambiente.

Entretanto ainda não são descartadas as necessidades de processos de preparação de superfície antecedendo a pintura, assim como a importância da qualificação dos pintores e adoção de bons equipamentos de aplicação.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Muitas das novas tintas se enquadram na filosofia de tintas ecologicamente corretas e seguras, pois, atendem as especificações de legislações rígidas de isenção de metais pesados, que contribuem para a preservação do meio ambiente.

3. HISTÓRICO DA TINTA EM PÓ

As tintas em pó surgiram nos Estados Unidos no final da década de 1950. Eram produtos relativamente simples, constituídos por misturas seca de resina epóxi sólida, pigmentos (cargas) e endurecedores.

A dispersão era feita através de moinhos de bolas, conseguindo-se misturas homogêneas.

A aplicação era realizada por um processo denominado “leito fluidizado”, porém, devido à natureza heterogênea da tinta em pó, havia uma separação natural por peso e tamanho, fazendo com que a composição da mistura fosse sendo alterada à medida que a aplicação era efetuada.

A conseqüência disso era uma grande inconstância nos resultados do revestimento quanto ao aspecto visual (cor inconstante na aplicação e não reprodutiva de lote para lote).

Até então as tintas em pó não eram consideradas adequadas para efeitos decorativos, sendo utilizadas como isolantes elétricos ou revestimentos anticorrosivos, com espessuras acima de 200 micrometros.

Em 1964 foi introduzida a extrusora, como máquina de produção contínua, que ainda hoje é responsável pela totalidade da produção de tintas em pó.

A aplicação por “revólver” eletrostático foi iniciada em 1962 pela Sames. O contínuo aperfeiçoamento deste “revólver” resultou nos equipamentos que atualmente conhecemos: leves, facilmente operáveis, podendo ser automatizados.

Somente então a indústria aceitou a idéia da tinta em pó ser “economicamente viável”.

Até meados da década de 70, os sistemas epóxi eram os predominantes e responsáveis por mais de 90% do total de tinta produzidos. Começaram a ser desenvolvidos outros sistemas de resinas: Poliéster, Híbrido (Epóxi / Poliéster) e Poliuretano.

Simultaneamente foram iniciados desenvolvimentos objetivando aplicações e usos específicos que demandaram tecnologias também específicas tais como: revestimentos em pó para oleodutos, revestimentos do tipo sanitários para aplicação em interiores de tambores destinados ao acondicionamento de sucos cítricos.

Observou-se que os sistemas a base de resinas epóxi apresentavam calcinação e um amarelamento quando submetidos à ação da luz solar, características já conhecidas das tintas líquidas também a base de resinas epóxi.

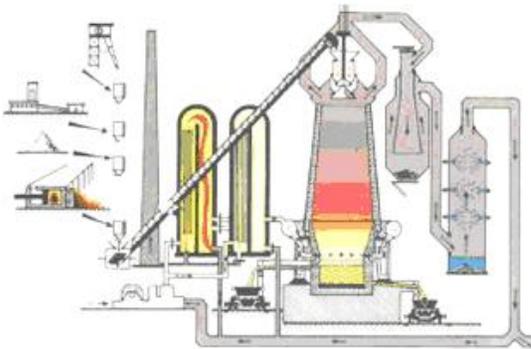
Observou-se também que nos sistemas mistos constituídos por resinas de poliéster com combinação com resinas epoxídicas, esses problemas eram bastante minimizados.

Posteriormente, foi introduzido a tinta em pó do tipo poliéster puro, constituída por resinas poliéster saturada combinada com um agente de reticulação adequado e que apresentava como característica fundamental, um excelente comportamento sob a ação da luz solar, onde a calcinação e o amarelamento eram praticamente desprezíveis comparados aos outros sistemas a base de reinas epóxi e híbrida.

Em 1970, surge na Alemanha as tintas a base de resinas acrílicas, que tiveram maior aceitação no Japão como revestimentos resistentes ao intemperismo.

Na década de 80 as tintas Poliuretanas se estabelecem fortemente no mercado Norte Americano e Japonês, sendo menos utilizado na Europa, também como revestimento para uso externo.

A partir de então, os resultados foram surpreendendo, chegando aos produtos atuais, considerados altamente competitivos e de excepcional qualidade.

1. OBTENÇÃO DO AÇO

Os **Minérios de Ferro** encontrados na natureza, presentes em aproximadamente 5% da crosta terrestre são encontrados em combinações químicas de metais contidos nas rochas. Os principais são: magnetita (Fe_3O_4) com cerca de 60% de ferro; hematita vermelha (Fe_2O_3) com cerca de 65% de ferro; siderita ou ferro espático ($FeCO_3$) com alto teor de manganês; FeS_2.

Os minérios são encaminhados as Siderúrgicas. A usina siderúrgica é a empresa responsável pela transformação do minério de ferro em aço, de maneira que ele possa ser usado comercialmente.

Este processo tem o nome de Redução. Primeiramente, o minério – cuja origem básica é o óxido de ferro (FeO) – é aquecido em fornos especiais (alto fornos), em presença de carbono (sob a forma de coque ou carvão vegetal) e de fundentes (que são adicionados para auxiliar a produzir a escória, que, por sua vez, é formada de materiais indesejáveis ao processo de fabricação).

O objetivo desta primeira etapa é reduzir ao máximo o teor de oxigênio da composição FeO. A partir disso, obtém-se o denominado ferro-gusa, que contém de 3,5 a 4,0% de carbono em sua estrutura.

Após uma análise química do ferro, em que se verificam os teores de carbono, silício, fósforo, enxofre, manganês entre outros elementos, o mesmo segue para uma unidade da siderúrgica denominada **ACIARIA**, onde será finalmente transformado em aço.

O aço, por fim, será o resultado da descarbonatação do ferro gusa, ou seja, é produzido a partir deste, controlando-se o teor de carbono para no máximo de 2%.

Os aços diferenciam-se entre si pela forma, tamanho e uniformidade dos grãos que o compõem e, é claro, por sua composição química.

Esta pode ser alterada em função do interesse de sua aplicação final, obtendo-se através da adição de determinados elementos químicos, aços com diferentes graus de resistência mecânica, soldabilidade, ductilidade, resistência à corrosão, entre outros.

De maneira geral, os aços possuem excelentes propriedades mecânicas: resistem bem à tração, à compressão, à flexão, e como é um material homogêneo, pode ser laminado, forjado, estampado, estriado e suas propriedades podem ainda ser modificadas por tratamentos térmicos ou químicos.

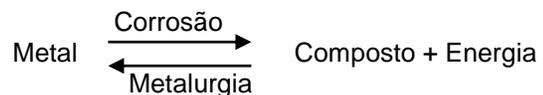
2. CORROSÃO

CONCEITOS BÁSICOS DE CORROSÃO

Corrosão pode ser definida como sendo a deterioração de um material (geralmente metálico), ao reagir com o seu ambiente, levando a perda de suas propriedades.

A corrosão é um processo que corresponde ao inverso dos processos metalúrgicos de obtenção do metal e pode ser assim esquematizada:

$$\text{Metal} \underset{\text{Metalurgia}}{\overset{\text{Corrosão}}{\rightleftarrows}} \text{Composto + Energia}$$

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

As reações de corrosão são espontâneas. Enquanto na metalurgia adiciona-se energia ao processo para a obtenção do metal, na corrosão observa a volta espontânea do metal à forma combinada, com conseqüente liberação de energia. Este ciclo é denominado de "ciclo dos metais".

O estudo da corrosão envolve conhecimento de vários **campos da ciência**, dentre os quais podem ser destacados:

- Química;
- Eletroquímica;
- Metalurgia;
- Termodinâmica;
- Físico-Química; Cinética Química

2.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA CORROSÃO

Os processos corrosivos estão presentes em todos os locais e a todo instante da nossa vida diária.

Os problemas de corrosão são freqüentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como, por exemplo, nas indústrias química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, nos meios de transporte aéreo, ferroviário, marítimo, em sistemas de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (uso de implantes cirúrgicos na ortopedia) e na preservação de monumentos históricos, deterioração de automóveis, **eletrodomésticos, estruturas metálicas, instalações industriais**, etc.

Com o avanço tecnológico, mundialmente alcançado, o custo da corrosão se eleva tornando-se um fator de grande importância.

Em termos de quantidade de material danificado pela corrosão, estima-se que uma parcela superior a 30% do aço produzido no mundo seja usada para reposição de peças e partes de equipamentos e instalações deterioradas pela corrosão.

Sob o ponto de vista de custo, estima-se em 3,5% do Produto Interno Bruto o dispêndio com a corrosão em países industrializados.

Sendo a corrosão um processo espontâneo, pode-se prever que a maioria dos metais seria imprópria à utilização industrial. Esta utilização é, no entanto, possível graças ao retardamento da velocidade das reações, que se consegue entre outras formas pelos fenômenos de polarização e passivação, os quais, associados aos processos de proteção, proporcionam a utilização econômica e segura dos materiais metálicos.

Dos processos de proteção anticorrosiva utilizados, a pintura industrial constitui o de maior importância se considerados os aspectos de viabilidade técnica e econômica e extensão de sua aplicação.

2.2 TIPOS DE PROCESSOS DE CORROSÃO

De uma forma geral, os processos corrosivos podem ser classificados em dois grandes grupos, abrangendo todos os casos de deterioração por corrosão existente na natureza.

2.2.1 CORROSÃO ELETROQUÍMICA

Os processos de corrosão eletroquímica são os mais freqüentes na natureza e se caracterizam basicamente por:

- Realizarem-se necessariamente na presença de água:
- Realizarem-se em temperaturas abaixo do ponto de orvalho, sendo a grande maioria na temperatura ambiente:
- Realizarem-se devido à formação de pilhas de corrosão.

2.2.2 CORROSÃO QUÍMICA

Também denominada corrosão em meio não - aquoso ou corrosão seca. Esses processos são menos freqüentes na natureza e surgiram basicamente com a industrialização, envolvendo operações em temperaturas elevadas. Também conhecidos como corrosão ou oxidação em altas temperaturas.

Tais processos corrosivos se caracterizam basicamente por:

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

a) Realizarem-se necessariamente na ausência de água;
b) Realizarem-se devido à interação direta entre o metal e o meio corrosivo, não havendo deslocamento de elétrons, como no caso das pilhas de corrosão eletroquímica.

Pode-se ter a presença de substâncias agressivas associadas a temperaturas elevadas. Algumas substâncias agressivas atuam no estado de gás ou vapor, e outras fundidas. Entre os meios corrosivos a altas temperaturas estão: enxofre e gases contendo enxofre, hidrogênio, vapor de água, amônia NH_3, carbono e gases contendo carbono, cinzas de óleos combustíveis contendo enxofre, sódio e vanádio.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DE PROCESSOS CORROSIVOS

A classificação dos processos corrosivos pode ser apresentada segundo diferentes pontos de vista, tendo-se em relação:

Às formas da corrosão: Uniforme, placas, alveolar, puntiforme, intergranular, trasgranular, filiforme, esfoliação, grafítica, dezincificação, em torno de solda e empolamento pelo hidrogênio.

Ao mecanismo eletroquímico de corrosão: Corrosão galvânica, e corrosão eletrolítica.

Às condições operacionais: Corrosão sob tensão fraturante, corrosão sob fadiga, corrosão sob atrito, corrosão – erosão, corrosão por pilhas de concentração e corrosão por aeração diferencial.
Ao meio corrosivo: Corrosão atmosférica, pelo solo, pela água, por microorganismos e em temperaturas elevadas.

2.4 FORMAS DE CORROSÃO

A corrosão pode ocorrer, quanto ao aspecto, sob diferentes formas, e o conhecimento das formas é muito importante no estudo de um processo corrosivo. A caracterização da forma de corrosão auxilia bastante no esclarecimento do mecanismo e na aplicação de medidas adequadas de proteção.

Uniforme: a corrosão se processa em toda a extensão da superfície, ocorrendo perda uniforme de espessura, com formação, como no caso do ferro, de escama de ferrugem.
É chamada, por alguns, de corrosão generalizada, o que não é aceito de maneira ampla, pois se pode ter também corrosão por alvéolos ou pites, de maneira generalizada em toda a superfície metálica.

Placas: a corrosão se localiza em algumas regiões da superfície metálica e não em toda sua extensão, formando placas com escavações.

Alveolar: a corrosão se processa produzindo sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor que o seu diâmetro.

Puntiforme: a corrosão se processa em pontos ou em pequenas áreas localizadas na superfície metálica, produzindo pites, que são cavidades apresentando profundidades geralmente maiores que seus diâmetros. Em decorrência do aspecto tem-se a conhecida corrosão por pite ou por “pitting”.
Deve-se considerar que não existem limites rígidos na diferenciação das formas de corrosão alveolar e puntiforme, sendo importante, porém, considerar que elas são entre as quatro formas de corrosão apresentadas, as que trazem maiores inconvenientes aos equipamentos, ocasionando perfurações em áreas localizadas.

Intergranular (intercristalina): a corrosão se processa entre os grãos da rede cristalina do material metálico.

Transgranular (transcristalina): a corrosão se processa atravessando os grãos da rede cristalina do material metálico.

Nessas duas formas de corrosão, embora não haja perda de massa significativa, ocorre o comprometimento das características mecânicas dos materiais metálicos, os quais perdem suas propriedades mecânicas e podem fraturar quando solicitados em esforços mecânicos tendo-se então, a corrosão sob tensão fraturante, chamada também, corrosão sob

tensão ou por “estress”.

Evidentemente elas assumem maior gravidade do que aquelas anteriormente apresentadas. Quando a solicitação mecânica é permanentemente aplicada tem-se a corrosão sob tensão fraturante e, quando a solicitação é cíclica, isto é, não constante, tem-se a corrosão sob fadiga, tendo-se, nos dois casos, fraturas no material metálico. As ligas de cobre em presença de soluções amoniacais e solicitações mecânicas sofrem facilmente a corrosão sob tensão fraturante.

Filiforme: a corrosão se processa sob a forma de filamentos que se propagam em diferentes direções, porém não em profundidade.
Ocorre geralmente em superfícies metálicas com revestimentos a base de estanho, níquel e outros, ou não metálico (tintas), em presença de umidade relativa elevada, da ordem de 85% e revestimentos mais permeáveis a penetração de oxigênio e água. Ela se inicia, comumente, em risco, ou falhas, em revestimentos, que atinjam o substrato, isto é, a superfície metálica. Embora não ocasionando grande perda de massa do material metálico, produzem nas superfícies pintadas, os filamentos que fazem com que a película de tinta se desprenda.

Esfoliação: a corrosão se processa em diferentes camadas. O produto de corrosão, formado entre a estrutura de grãos alongados, separa as camadas ocasionando o inchamento do material metálico.

Corrosão grafítica: a corrosão se processa no ferro fundido cinzento e o ferro metálico é convertido em produtos de corrosão, restando à grafite intacta. Observa-se que a área corroída fica com aspecto escuro, característico do grafite, que pode ser facilmente retirada com uma espátula. Em tubulações de ferro fundido para condução de água potável, observa-se que, mesmo com corrosão grafítica, a espessura da parede permanece com a sua dimensão praticamente original.

Dezincificação: é a corrosão que ocorre em ligas de cobre-zinco (latões) observando-se o aparecimento de regiões com a coloração avermelhada, devido ao cobre, contrastando com a característica coloração amarela dos latões.

A corrosão grafítica e a dezincificação podem ser consideradas exemplo de corrosão seletiva, pois se tem a corrosão preferencial do ferro e zinco respectivamente.

Em torno de solda: é a corrosão que se observa ao longo e ligeiramente afastada do cordão de solda. Ocorre geralmente em aços inoxidáveis com teores de carbono maiores do que 0,03%.

Empolamento pelo hidrogênio: embora não sendo considerado por alguns autores como forma de corrosão, é comum estudá-los em livros de corrosão, pois o hidrogênio atômico, causador do processo, pode ser originado da corrosão do material metálico. O hidrogênio atômico, H, penetra no aço carbono e como tem pequeno volume atômico, difundi-se rapidamente para o interior do material metálico e em regiões com descontinuidades, como inclusões e vazios, ele se transforma em hidrogênio molecular (H_2), não mais se difundindo, exercendo pressão e originando a formação de bolhas no material metálico, daí o nome de empolamento.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Uniforme | Em placas | Alveolar

Puntiforme (pite) | Intergranular | Transgranular

Filiforme | Por esfoliação | Grafítica

Dezincificação | Empolamento pelo hidrogênio | Em torno de solda

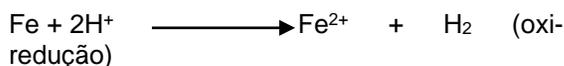
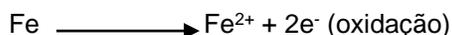
Formas de corrosão

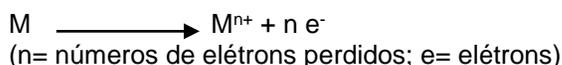
2.5 MECANISMO ELETROQUÍMICO DE CORROSÃO

Oxidação é a perda de elétrons por uma espécie química e redução é o ganho de elétrons. Assim quando o ferro (Fe) é atacado por ácidos, como, por exemplo: clorídrico ou muriático (HCl), obtem-se as reações de oxi – redução;

$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ (oxidação)

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ (redução)

$Fe + 2H^+ \longrightarrow Fe^{2+} + H_2$ (oxi-redução)

No caso de um metal qualquer tem-se a equação geral de oxidação:

$M \longrightarrow M^{n+} + n\,e^-$
(n= números de elétrons perdidos; e= elétrons)

Logo, quando os metais perdem elétrons, eles se oxidam, sofrendo, portanto corrosão.

Verifica-se, experimentalmente, que os metais apresentam diferentes tendências a oxidação.

Assim em presença de ar e umidade verifica-se que o ferro se oxida mais do que o níquel e o ouro não se oxida.

É, portanto, de grande ajuda para o estudo de processos eletroquímicos de corrosão dispor os metais em tabela que indique a ordem preferencial de ceder elétrons. Essa tabela é conhecida por tabela de potenciais de oxidação, sendo o sistema formado pelo metal e a solução vizinha do metal.

Quando se tem necessidade de unir dois materiais metálicos de potenciais diferentes, a consulta à tabela de potenciais é de grande utilidade.

Essas tabelas permitem caracterizar o material que terá tendência a funcionar como ânodo (aquele que será corroído). Em alguns casos se procura, quando for inevitável a junção de dois materiais metálicos diferentes, fazer em um deles um revestimento metálico que permita uma aproximação de potenciais, diminuindo portanto a diferença de potenciais e conseqüentemente o processo corrosivo ou revestir totalmente os dois materiais com **tinta** ou plástico como o teflon.

Os potenciais se alteram com mudança da solução do meio corrosivo, e como estes são vários, nem sempre são encontrados dados suficientes na literatura especializada que permitam caracterizar o material que funcionará como anodo. Neste caso devem ser realizadas experiências com alguns pares metálicos, no meio corrosivo em que o equipamento irá operar, para se determinar o potencial e a área anódica.

TABELA DE POTENCIAIS DE OXIDAÇÃO

EXTREMIDADE ANÓDICA (MENOS NOBRE)
1 - Magnésio e suas ligas;
2 - Zinco;
3 - Alumínio comercialmente puro (1100);
4 - Cádmio;
5 - Liga de alumínio (4,5 Cu, 1,5 Mg. 0,6 Mn);
6 - Aço carbono;
7 - Ferro fundido;
8 - Aço inoxidável (13 Cr ativo);
9 - Ni-Resistente (ferro fundido com alto níquel);
10 - Aço inoxidável (ativo) AISI-304 (18-8 Cr-Ni);
11 - Aço inoxidável (ativo) AISI-316 (18-10-2 Cr-Ni-Mo);
12 - Liga de chumbo e estanho (solda);
13 - Chumbo;
14 - Estanho;
15 - Níquel (ativo);
16 - Inconel (ativo);
17 - Latões (Cu-Zn);
18 - Cobre;
19 - Bronze (Cu-Sn);
20 - Cupro níqueis (60-90 Cu, 40-10 Ni);
21 - Monel (70 Ni 30 Cu);
22 - Solda prata;
23 - Níquel (passivo);
24 - Inconel (passivo);
25 - Aço inoxidável ao cromo (11-13 Cr passivo)
26 - Aço inoxidável AISI-304 (passivo);
27 - Aço inoxidável AISI-316 (passivo);
28 - Prata;
29 - Titânio;
30 - Grafite;
31 - Ouro;
32 - Platina.
EXTREMIDADE CATÓDICA (MAIS NOBRE)

Nota: nesta série, os materiais agrupados apresentam pequena diferença de comportamento na água do mar.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

CORROSÃO GALVÂNICA

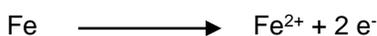
Resulta do acoplamento de materiais metálicos com diferentes potenciais quando colocados acoplados em presença de um eletrólito (exemplo: água do mar), gerando uma transferência de cargas elétricas de um para o outro, por terem potenciais elétricos diferentes.

Ela se caracteriza por apresentar corrosão localizada próxima à região do acoplamento, ocasionando profundas perfurações no material metálico que funciona como ânodo.

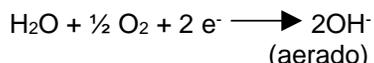
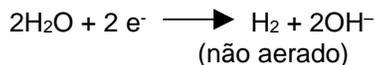
Quando materiais metálicos de potenciais elétricos diversos estão em contato, a corrosão do material metálico que funciona como ânodo é muito mais acentuada que a corrosão isolada deste material sob ação do mesmo meio corrosivo.

Exemplos que permitem explicar o mecanismo da corrosão galvânica, da proteção catódica com ânodos de sacrifício ou galvânicos e a natureza do produto de corrosão são as pilhas formadas pelos metais ferro, cobre e zinco, usando-se como eletrólito água salgada.

Pilha Fe-Cu: consultando-se a tabela de potenciais, verifica-se, que o ferro tem maior potencial de oxidação, logo será o anodo e o cobre Cátodo.

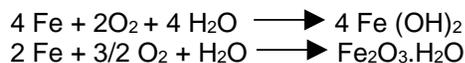
$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-$$

Cátodo: reações de redução possíveis, em meio neutro.

$$2H_2O + 2\,e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$
(não aerado)

$$H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2\,e^- \longrightarrow 2OH^-$$
(aerado)

Produto de corrosão: íons Fe^{2+} e OH^- migram e formam o produto de corrosão: $Fe(OH)_2$ - hidróxido de ferro (ll). Esse hidróxido sofre transformações e de acordo com o teor de oxigênio pode-se ter:

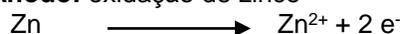
- em meio deficiente de oxigênio a formação de magnetita Fe_3O_4 que é verde quando hidratada e preta quando anidra;
- em meio aerado tem-se a oxidação do hidróxido de ferro (II), com a formação de hidróxido de ferro (III), $Fe(OH)_3$, que pode ser escrito também sob a forma de $Fe_2O_3.H_2O$.

Podem-se também considerar as reações de corrosão do ferro, em presença de umidade e oxigênio:

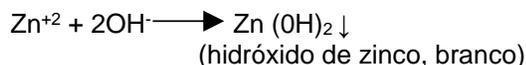
$$4\,Fe + 2O_2 + 4\,H_2O \longrightarrow 4\,Fe(OH)_2$$
$$2\,Fe + 3/2\,O_2 + H_2O \longrightarrow Fe_2O_3.H_2O$$

As reações explicam as colorações observadas na corrosão atmosférica do ferro ou suas ligas, onde se observa que o produto de corrosão ou ferrugem apresenta, na sua parte inferior, isto é, aquela em contato imediato com o metal, coloração preta, ou verde escuro, característica do $Fe(OH)_2$ ou Fe_3O_4, e na parte superior, aquela em contato com mais oxigênio, coloração alaranjada típica do $Fe_2O_3.H_2O$

Pilha Zn-Fe: consultando-se a tabela de potenciais verifica-se que o zinco tem maior potencial de oxidação, logo zinco será anodo e o ferro cátodo.

Ânodo: oxidação de zinco

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$$

Cátodo: mesmas reações anteriormente apresentadas para a pilha Fe – Cu.

Produto de Corrosão:

$$Zn^{+2} + 2OH^- \longrightarrow Zn(0H)_2 \downarrow$$
(hidróxido de zinco, branco)

Verifica-se, nesse caso, que o ferro não sofreu corrosão, permanecendo protegido por ter funcionado como cátodo de uma pilha galvânica. Pode-se concluir, portanto, que:

1) O metal que funciona como cátodo fica protegido, isto é não sofre corrosão. Esta conclusão explica o mecanismo da proteção catódica com ânodos de sacrifício ou galvânicos, bem como a razão de serem usados magnésio, alumínio e zinco como anodos para proteção do ferro: daí o grande uso de ânodos de zinco, alumínio e magnésio para a proteção catódica, como anodos de sacrifício, para cascos de navios, tanques de armazenamento de petróleo ou tanques de navio que apresentam lastros de água salgada, estacas de plataformas marítimas etc.

2) A ligação entre materiais metálicos deve ser precedida de consulta à tabela de potenciais ou as tabelas práticas a fim de se prever a

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

possibilidade de caracterização do anodo e do cátodo, da pilha possivelmente resultante e indicação de medidas protetoras.

Pode-se estabelecer uma pilha em que se tenha como fonte doadora de elétrons, não um metal, como visto nos casos anteriores, mas sim uma fonte de corrente contínua para imprimir a corrente necessária para proteção. Essas fontes são, mais freqüentemente, retificadoras de correntes e, menos usuais, baterias convencionais, baterias solares e termo geradores. Nesse caso a estrutura a ser protegida é colocada como cátodo da pilha usando-se anodos inertes, para fechar o circuito elétrico. Os anodos mais usados são:

- Grafite, ferro silício e magnetita: no solo.
- Ligas de ferro-silício-cromo, e chumbo-antimônio – prata, titânio platinizado e nióbio platinizado: em água do mar.

Essa proteção é chamada proteção catódica por corrente impressa ou forçada. Ela tem um campo de aplicação maior do que a proteção catódica com ânodos de sacrifício, aplicando – se em estruturas situadas em eletrólitos ou meios de baixa, e alta resistividade. É muito usada em grandes instalações como oleodutos, gasodutos, adutoras e estacas de píeres de atracação.

CORROSÃO ELETROLÍTICA

Corrosão por eletrólise ou eletrolítica ou corrosão por correntes de fuga, ocorre em tubulações enterradas, como oleodutos, gasodutos, adutoras, minerodutos e cabos telefônicos.

Definida como sendo a deterioração de um material metálico forçado a funcionar como ânodo ativo de uma célula ou pilha eletrolítica. Geralmente as áreas corroídas se apresentam livre do produto de corrosão e, como é uma forma de corrosão localizada, em pouco tempo tem-se a formação de pites ou alvéolos com a conseqüente perfuração das tubulações.

Logo, pode-se concluir que as áreas corroídas serão aquelas em que as correntes de fuga saem da tubulação, ou instalação metálica, para o eletrólito ou meio ambiente (solo ou água).

As medidas mais usuais de proteção são: drenagem de corrente, aterramento adequado de máquinas de solda, emprego de revestimento e emprego de proteção catódica. Essas medidas podem ser usadas isoladas ou conjuntamente.

Quando elas atingem instalações metálicas enterradas podem ocasionar corrosão nas áreas onde abandonam essas instalações para retornar ao circuito original através do solo ou da água.

CORROSÃO SOB ATRITO

Se as duas superfícies, em contato e sob carga, das quais pelo menos uma metálica, for sujeita a pequenos deslizamentos relativos, originados comumente por vibrações, observa-se a corrosão sob atrito, também chamada corrosão sob fricção ou corrosão por atrito oscilante.

Na pilha formada a região anódica, portanto corroída, é aquela onde a concentração do íon metálico é menor, e a região catódica é aquela onde a concentração do íon metálico é maior.

É comum ocorrer essa pilha quando se têm superfícies metálicas superpostas e em contato, havendo, entre elas, pequenas frestas por onde o eletrólito possa penetrar.

Ocorre também no contato entre superfícies metálicas e não metálicas, desde que haja frestas. A fresta deve ser suficientemente estreita para manter o meio corrosivo estagnado e suficientemente larga para permitir que o meio corrosivo penetre nela.

Conhecendo-se o mecanismo desse processo corrosivo, entende-se perfeitamente porque se procura como medidas de proteção:

- Usar massas de vedação, ou selantes, à base de silicones, epóxi ou asfalto em locais onde possa haver formação de frestas e presença de eletrólito;

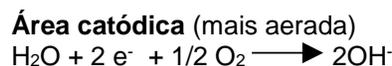
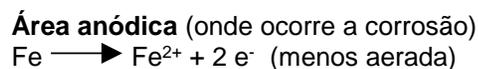
CORROSÃO POR AERAÇÃO DIFERENCIAL

É a corrosão que ocorre quando se tem um mesmo material metálico em contato com um eletrólito diferentemente aerado. Na pilha de aeração diferencial o ânodo é a área menos aerada e o cátodo a mais aerada.

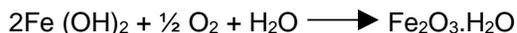
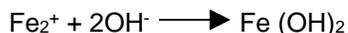
As reações que se passam na corrosão por aeração diferencial são:

Área anódica (onde ocorre a corrosão)
$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-$ (menos aerada)

Área catódica (mais aerada)
$H_2O + 2\,e^- + 1/2\,O_2 \longrightarrow 2OH^-$

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

A ferrugem, $Fe_2O_3.H_2O$, vai-se formar numa região intermediária entre a área catódica e a anódica.

$$Fe^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Fe(OH)_2$$

$$2Fe(OH)_2 + ½ O_2 + H_2O \longrightarrow Fe_2O_3.H_2O$$

É uma corrosão localizada e, portanto, produz ataque acentuado em determinadas regiões ocorrendo à formação de pites ou alvéolos.

A corrosão por aeração diferencial é responsável por grande número de casos de corrosão nas mais variadas instalações e equipamentos industriais.

Na junção de peças metálicas por rebites ou parafusos podem existir frestas e, como nessas frestas a aeração é pequena, resulta uma baixa concentração de oxigênio no eletrólito que se encontra em contato com o metal fora das frestas. Nota-se, que a área mais atacada, ou corroída é no interior das frestas.

Em estruturas metálicas colocadas no mar, como estacas de píeres de atracação e plataformas submarinas para prospecção de petróleo, observa-se corrosão mais acentuada na faixa de variação de maré e de respingos. Pode-se justificar este admitindo-se que além, por exemplo, da ação mecânica da água do mar associada com ondas haja a formação de pilhas de aeração diferencial, cujas áreas anódicas vão se deslocando conforme a maré vai subindo ou descendo.

Para evitar esta corrosão, tem sido bastante usado, com bons resultados, o emprego de revestimento com massa epóxi a dois componentes, aplicado nas estacas já montadas: faz-se na área de variação de maré o jateamento e a seguir aplica-se a massa epóxi, que polimeriza mesmo debaixo da água, atingindo-se espessura de cerca de 3 mm. Para proteção das partes sempre submersas recomenda-se o uso de proteção catódica, principalmente por corrente impressa ou forçada.

Observam-se também, casos de corrosão por aeração diferencial em tubulações que, embora totalmente enterradas, atravessam solos com regiões de composição diferentes, que permitem uma maior ou menor permeabilidade, com conseqüente diferença de aeração. Procura-se evitar a colocação de tubulações parcialmente enterradas, a fim de não ocorrer à corrosão por aeração diferencial: as regiões mais atacadas são aquelas localizadas pouco abaixo do nível do solo.

Costuma-se também observar problemas de corrosão por aeração diferencial em tubulações onde há possibilidade de deposição de partículas sólidas, como óxidos, areia, crescimento biológico. Alguns chamam este caso de corrosão sob depósito. Evidentemente as regiões sob esses sólidos funcionarão como áreas anódicas devido ao menor teor de oxigênio.

Em tubulações de condensadores e trocadores, ou permutadores, de calor pode ocorrer essa corrosão quando partículas sólidas ficam aderentes à superfície interna dos tubos e a pequena velocidade de circulação da água não provoca o deslocamento das mesmas. Daí, para evitar a corrosão por aeração diferencial nesses equipamentos, recomenda-se velocidade adequada para a água e conservação dos tubos limpos.

Casos de corrosão por aeração diferencial têm sido observados em chapas de alumínio e de aço galvanizado superpostas em presença de umidade: observa-se a formação de um resíduo esbranquiçado, nas áreas confinadas, portanto menos aeradas. No caso do alumínio há formação de óxido de alumínio poroso e não-aderente, ficando as regiões corroídas com maior rugosidade e conseqüentemente com aspecto diferente nas regiões não atacadas. No caso de aço galvanizado, há formação de óxido de zinco ou carbonato de zinco, brancos, e formados nessas condições, não aderente e, portanto não protetores. As chapas de zinco nessas regiões perdem seu aspecto original. Devido ao resíduo branco formado, esse processo é conhecido como corrosão ou oxidação branca do aço galvanizado e é freqüente em peças recentemente galvanizadas quando indevidamente embaladas ou armazenadas, em ambientes de umidade relativa elevada.

Tanques ou reservatórios de aço, apoiados no solo, devem ser devidamente instalados para se evitar a presença de frestas, que poderiam ocasionar corrosão por aeração diferencial no fundo dos mesmos, nas superfícies em contato com o solo.

Os processos de corrosão por concentração iônica e por aeração, quando não se observam certas precauções, são freqüentes e, por isso, têm muita importância as seguintes medidas que visam minimizar as possibilidades de ocorrência de condições causadoras:

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

- Reduzir, ao mínimo necessário, a possibilidade de frestas, principalmente em meios aquosos, contendo eletrólitos ou oxigênio dissolvidos;
- Especificar juntas de topo e ressaltar a necessidade de penetração completa do metal de solda, para evitar a permanência até mesmo de pequenas fendas;
- Usar soldas contínuas;
- Usar juntas soldadas ao invés de juntas parafusadas ou rebitadas;
- Impedir a penetração do meio corrosivo nas frestas por meio de massas de vedação ou selagem;
- Evitar frestas entre um isolante e o material metálico;
- Evitar cantos, áreas de estagnação ou outras regiões favoráveis à acumulação de sólidos;
- Especificar desenhos que permitam uma fácil limpeza da superfície, aplicação de revestimentos protetores e completa drenagem;
- Estabelecer uma rotina de freqüente e completa limpeza nas áreas metálicas sujeitas ao acúmulo de depósitos e incrustações;
- Remover sólidos em suspensão;
- Usar filtros adequados nas linhas de água dos trocadores ou permutadores de calor para evitar obstruções locais, dentro dos tubos dos trocadores, que podem iniciar corrosão sob depósito ou resultar em turbulência local;
- Indicar, no projeto e operação de trocadores tubulares de calor, um fluxo uniforme de líquido com velocidade adequada e com um mínimo de turbulência e entrada de ar;
- Não usar embalagens que sejam feitas de material absorvente, exceto aquelas impregnadas com inibidor de corrosão;
- Evitar o uso de madeira, ou material que fique facilmente umedecido e retenha água, como apoio para superfícies metálicas como chapas, tubos e pilares;
- Procurar, limitado pelas dimensões, usar tanques ou reservatórios apoiados em pilares e não no solo.

2.6 MEIOS CORROSIVOS

Os meios corrosivos no campo da corrosão eletroquímica são responsáveis pelo aparecimento de eletrólito.

O **eletrólito** é uma solução eletricamente condutora constituída de água contendo sais, ácidos ou bases, ou ainda outros líquidos como sais fundidos.

2.6.1 PRINCIPAIS MEIOS CORROSIVOS

Os principais meios corrosivos e respectivos eletrólitos são:

Atmosfera: o ar contém umidade, sais em suspensão (especialmente na orla marítima), gases industriais (especialmente gases de enxofre), poeira, etc. O eletrólito constitui-se da água que condensa na superfície metálica, na presença de sais ou gases de enxofre. Outros constituintes como poeira e poluentes diversos, podem acelerar o processo corrosivo;

Solos: os solos contêm umidade e sais minerais. Alguns solos apresentam também características ácidas ou básicas. O eletrólito constitui-se principalmente da água com sais dissolvidos;

Águas naturais (dos rios, dos lagos ou do subsolo): estas águas podem conter sais minerais, eventualmente ácidos ou bases, resíduos industriais, poluentes diversos e gases dissolvidos. O eletrólito constitui-se principalmente da água com sais dissolvidos. Os outros constituintes podem acelerar o processo corrosivo;

Água do mar: esta água contém uma quantidade apreciável de sais, sendo desta forma um eletrólito por excelência. Outros constituintes como gases dissolvidos, podem acelerar o processo corrosivo;

Produtos químicos: os produtos químicos, desde que em contato com água ou com umidade e sendo ionizáveis, formam um eletrólito, podendo provocar corrosão eletroquímica.

2.6.2 CLASSIFICAÇÃO DE AMBIENTES CORROSIVOS

Os ambientes corrosivos ou as condições que favorecem a corrosão podem ser descritos da seguinte forma:

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

ATMOSFERA

a) Atmosfera marinha: sobre o mar e na orla marítima (até 500 metros da praia), com ventos predominantes na direção da estrutura a ser pintada;

b) Atmosfera próxima à orla marinha: aquela situada além de 500 metros da praia e até aonde os sais possam alcançar;

c) Atmosfera industrial: envolvem regiões com muitos gases provenientes de combustão, particularmente gases oriundos de combustíveis com alto teor de enxofre e outros processos industriais;

d) Atmosfera úmida: locais com umidade relativa do ar média acima de 60%, com predominância de valores superiores a 75%;

e) Atmosfera urbana e semi-industrial: ocorre nas cidades onde se tem uma razoável quantidade de gases provenientes de veículos automotores e uma indústria razoavelmente desenvolvida;

f) Atmosfera rural e seca: locais, em geral no interior, onde não há gases industriais ou sais em suspensão e a umidade relativa do ar se apresenta com valores sempre baixos.

IMERSÃO

a) Líquidos aquosos: a agressividade dependerá da resistividade elétrica, que é função da presença de sais ou gases dissolvidos. A pior condição, neste caso, é a água salgada aerada;

b) Derivados de petróleo: são de modo geral pouco agressivos, com exceção do espaço de vapor em tanques de armazenamento que pode conter H_2S e tornar-se bastante agressivo e do petróleo bruto, sempre associado à água salgada;

c) Produtos químicos: a agressividade dependerá da presença de água ou de umidade e do grau de ionização da substância química.

2.6.3 CLASSIFICAÇÃO DE AMBIENTES E CONDIÇÕES CORROSIVAS

A fim de facilitar a seleção dos esquemas de pintura, os ambientes e condições corrosivas serão agrupados em cinco tipos, apresentados a seguir:

Atmosfera altamente agressiva: é considerada atmosfera altamente agressiva a atmosfera marinha e industrial ou ainda a úmida, quando conjugada com qualquer uma das anteriores;

Imersão: a imersão envolve quatro subcasos: imersão em água salgada; imersão em água doce; imersão em produtos de petróleo; imersão em produtos químicos;

Superfícies quentes: as superfícies quentes envolvem quatro subcasos: de 80° a 120°C; de 120° a 250°C; de 250° a 500°C; acima de 500°C;

Atmosfera medianamente agressiva: são consideradas atmosferas medianamente agressivas a atmosfera úmida, a urbana e a semi-industrial. Estão incluídos neste caso locais junto à orla marítima, com afastamento superior a 500 metros (m), desde que não recebam os ventos predominantes na direção da instalação ou da estrutura a ser pintada e seja localizada a nível próximo do mar;

Atmosfera pouco agressiva: é considerada atmosfera pouco agressiva a atmosfera rural e seca.

3. PRÁTICAS DE PROJETO

São métodos que consistem na utilização de práticas reconhecidas como eficazes na proteção anticorrosiva de equipamentos e instalações industriais.

Todas essas práticas visam, de modo geral, evitar o aparecimento de pilhas de corrosão, bem como assegurar um adequado controle da corrosão, nos casos em que se torna absolutamente inevitável a sua existência.

Dentre esses métodos estão incluídos:

Evitar contato de metais dissimilares: desta forma evita-se o aparecimento de pilhas galvânicas;

Evitar frestas: desta forma evita-se o aparecimento de pilhas de aeração diferencial

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

e concentração diferencial;

Evitar grande relação entre área catódica e área anódica: quando existirem áreas anódicas e catódicas, as áreas anódicas devem ser substancialmente maiores que as catódicas, a fim de assegurar uma menor taxa de corrosão e, conseqüentemente, um desgaste menor e mais uniforme nas áreas anódicas;

Prever sobreespessura de corrosão: os equipamentos devem ser projetados prevendo-se uma sobreespessura de material, que será consumida durante a vida útil do equipamento, em virtude dos processos corrosivos. A sobreespessura de corrosão é uma prática de projeto bastante aplicável quando o equipamento ou a instalação estiverem sujeitos a um processo corrosivo uniforme e generalizado. Quando a corrosão se processa de forma localizada, a sobreespessura de corrosão perde totalmente o significado, não havendo aumento significado no desempenho do equipamento;

Evitar cantos vivos: os cantos vivos são regiões onde os revestimentos e películas protetoras são de maior dificuldade de aplicação e mais facilmente danificáveis, sendo, portanto, boa prática evitá-los;

Prever fácil acesso para manutenção às áreas suscetíveis à corrosão: os equipamentos ou instalações devem possuir acesso às regiões sujeitas a corrosão, a fim de que possam ser inspecionadas periodicamente e realizados os trabalhos de manutenção necessários;

Prever soldas bem acabadas: soldas com falta de penetração e outros defeitos superficiais podem propiciar o acúmulo de fluidos, depósito de sólidos (rebarbas), além de contribuírem para o aparecimento de concentração de tensões. Como se sabe, as soldas são regiões mais propensas à corrosão, por dois aspectos principais: em primeiro lugar, o metal de adição possui quase sempre características diferentes do metal de base, e, em segundo lugar, as tensões introduzidas pela soldagem junto ao cordão de solda tornam essas regiões mais suscetíveis à corrosão;

Evitar mudanças bruscas de direção no escoamento de fluidos contendo sólidos em suspensão: fluidos contendo sólidos em suspensão provocam erosão em regiões onde haja mudanças bruscas de direção. O desgaste do material poderá ser ainda mais acelerado quando o processo erosivo for acompanhado de corrosão;

Prever drenagem de águas pluviais: as águas pluviais, ou de qualquer outra origem, quando retidas em contato com a superfície metálica, aceleram os processos corrosivos. A fim de evitar a presença de água, deve-se prever declividade nas chaparias planas e perfis, posicionar corretamente os perfis a fim de não acumularem água, prever furos para escoamento da água, etc.;

Evitar regiões em contato entre si (apoiadas), onde não haja acesso para a pintura: a entrada e o conseqüente acúmulo de eletrólito entre as duas superfícies podem provocar forte processo corrosivo.

4. REVESTIMENTOS PROTETORES

São películas aplicadas sobre a superfície metálica, separando a superfície do meio corrosivo, esta separação será tão mais longa quanto for o tempo para que o eletrólito chegue ao metal protegido, objetivando minimizar a degradação da mesma pela ação do meio.

O principal mecanismo de proteção dos revestimentos é por **barreira**, mas, dependendo da sua natureza, poderá também proteger por **inibição anódica ou por proteção catódica.**

O tempo de proteção dado por um revestimento depende do tipo de revestimento (natureza química), das forças de coesão e adesão, da sua espessura e da permeabilidade à passagem do eletrólito através da película. Influenciará, também, neste tempo, o mecanismo de proteção. Assim, se a proteção é somente por barreira, tão logo o eletrólito chegue a superfície metálica, iniciará o processo corrosivo, enquanto que, se houver um mecanismo adicional de proteção (inibição anódica ou proteção catódica), haverá um prolongamento da vida do revestimento.

Outra forma de **ampliar a vida** de um revestimento é quando ele possui um mecanismo adicional de proteção denominado **proteção catódica**.

Neste caso, forma-se uma pilha galvânica entre o metal de base e o metal ou pigmento metálico do revestimento.

Este fato ocorre quando se utiliza revestimento metálico menos nobre que o

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

metal a se proteger, ou tintas com pigmento de zinco. Para que a proteção seja efetiva, faz-se necessária à presença do eletrólito, para que a pilha de ação galvânica ocorra.

4.1. REVESTIMENTOS METÁLICOS

Consistem na interposição de uma película metálica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Os mecanismos de proteção das películas metálicas podem ser: por barreira, por proteção catódica, entre outros.

As películas metálicas protetoras, quando constituídas de um metal mais catódico que o metal de base, devem ser perfeitas, ou seja, isentas de poros, trincas, etc., para que se evite que diante de uma eventual falha provoquem corrosão na superfície metálica do metal de base, ao invés de evitá-la.

As películas mais anódicas podem ser imperfeitas porque elas conferem proteção catódica à superfície do metal base.

Os processos de revestimentos metálicos mais comuns são:

Deposição por imersão a quente: pela imersão a quente obtém-se, entre outras, as superfícies zincadas e as estanhadas. O processo de zincagem por imersão é também denominado de galvanização;

Metalização: é o processo por meio do qual se deposita sobre uma superfície, previamente preparada (jateamento Sa 2 ½), camadas de materiais metálicos. Os metais de deposição são fundidos em uma fonte de calor gerada no bico de uma pistola apropriada, por meio de combustão de gases, arco elétrico, plasma ou por detonação. Por metalização fazem-se revestimentos com zinco, alumínio, chumbo, estanho, cobre e diversas ligas;

Eletrodeposição: consiste na deposição eletrolítica de metais que se encontram sob a formar iônica em um banho. A superfície a revestir é colocada no Cátodo de uma célula eletrolítica. Por eletrodeposição é comum revestir-se com cromo, níquel, ouro, prata, cobre, estanho e, principalmente, cádmio, que, por ser um metal muito tóxico, é aplicado por este processo;

Deposição química: consiste na deposição de metais por meio de um processo de redução química. Por este processo é comum revestir-se com cobre e níquel. São os denominados cobre e níquel químico, muito utilizados em peças com formato delicado e cheias de reentrâncias.

4.2. REVESTIMENTOS NÃO-METÁLICOS INORGÂNICOS

Consistem na interposição de uma película não-metálica inorgânica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Os mecanismos de proteção são, essencialmente, por barreira e por inibição anódica.

Anodização: consiste em tornar mais espessa a camada protetora passivante existente em certos metais, especialmente no alumínio. A oxidação superficial pode ser por banhos oxidantes ou processo eletrolítico. O alumínio anodizado é um exemplo muito comum da anodização;

Cromatização: consiste na reação da superfície metálica com soluções ligeiramente ácidas contendo cromatos. A camada de cromatos passivante aumenta a resistência á corrosão da superfície metálica que se quer proteger;

Fosfatização: consiste na adição de uma camada de fosfato à superfície metálica. A camada de fosfato inibe processos corrosivos e constitui-se, quando aplicada em camada fina e uniforme, em uma excelente base para pintura, em virtude da sua rugosidade. A fosfatização é um processo largamente empregado nas indústrias automobilísticas, móveis e de eletrodomésticos. Após o processo de desengraxe da superfície metálica, aplica-se a fosfatização, seguindo-se a pintura;

Revestimento com esmalte vítreo: consiste na colocação de uma camada de esmalte vítreo (vidro + cargas + pigmentos) aplicada sob a forma de esmalte e fundida em fornos apropriados. Este revestimento é usado em alguns utensílios domésticos, em fogões, maquinas de lavar, etc.;

4.3. REVESTIMENTOS ORGÂNICOS

Consiste na interposição de uma camada de natureza orgânica entre a

superfície metálica e o meio corrosivo. Os principais revestimentos orgânicos são os seguintes:

Pintura industrial: é um revestimento, em geral orgânico, largamente empregado para o controle de corrosão em estruturas aéreas e para estruturas submersas que possam sofrer manutenção periódica em dique seco, tais com navios, embarcações, bóias, etc.

Só em casos especiais é empregado em estruturas enterradas, pela dificuldade de manutenção apresentada nestes casos. Em se tratando de estruturas aéreas, é normalmente a melhor alternativa em termos técnicos e econômicos para proteção anticorrosiva.

A pintura é um revestimento de pequena espessura, situando-se na faixa de 40 a 500 µm (micrometros), sendo que, somente em casos muito especiais, pode-se chegar a 1.000 µm.

Revestimentos com plásticos e plásticos reforçados: são revestimentos obtidos através da aplicação de diversos tipos de plásticos sobre materiais metálicos, por meio de colagem, deposição ou extrusão. Basicamente, todos os plásticos podem ser usados como revestimentos, podendo-se, ainda, em alguns deles usar reforçantes como véu de fibra de vidro, escamas de vidro, entre outros;

5. TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

Por que o tratamento de superfície é tão importante?

Nenhum sistema de pintura dará o desempenho esperado quando aplicado sobre uma superfície “mais ou menos” preparada.

A pintura sobre superfícies com ferrugem, graxa, e outras contaminações não é apenas perda de tempo, mas também desperdício de tinta boa o que representa dinheiro jogado fora.

Sem uma boa preparação da superfície antes da pintura, a aderência da tinta será mínima ou nenhuma.

Resíduos de óleos, detergente, sabões, poeiras e defeitos físicos na superfície, etc., influem na má aderência da pintura.

Resíduos de sais solúveis, como os sais comuns, de sulfatos ou cloretos influem drasticamente na durabilidade da pintura ocasionando empolamento e ferrugem abaixo da película de tinta.

Em resumo, a pintura aplicada sobre uma superfície mal preparada não terá alicerces firmes para aderir.

Influências dos contaminantes na superfície a ser pintada:

- Contaminantes e produtos de corrosão podem prejudicar seriamente a aderência;
- Um sistema de pintura sobre uma superfície não adequada não terá uma base firme para resistir a esforço mecânico;
- Sais na superfície do aço favorecem a formação de empolamento por osmose;
- Contaminação presa entre camadas pode causar defeitos de aderência e acelerar a penetração de água ou outros agentes agressivos;

Antes de iniciar o processo de limpeza das peças, deve-se proceder a uma inspeção visual geral da superfície a ser tratada, a fim de assinalar locais onde haja manchas de óleos, graxas, gorduras, defeitos superficiais, impregnação de abrasivos, bem como também pode ser efetuado a avaliação do estado inicial de oxidação usualmente estabelecido com base nos padrões Norma SIS 05 59 00 e ISO 8.501-1;

IMPORTANTE: As peças que passam pelo processo de usinagem a laser, devem ser **decapadas** para a total remoção dos resíduos que ficam impregnados nas bordas da peça.

5.1 GRAUS DE CORROSÃO

A fim de facilitar a caracterização de uma superfície a ser submetida ao jateamento e de racionalizar a inspeção de aplicação de pintura industrial, a Norma Sueca SIS 05 59 00 e ISO 8.501-1 estabelecem quatro estados iniciais de oxidação de chapas de aço que apresentam carepa de laminação aderente, também comumente denominadas de graus de intemperismo ou oxidação.

O QUE É CAREPA DE LAMINAÇÃO?

As chapas de aço laminadas a quente, são formadas pela laminação dos lingotes aquecidos a uma temperatura em torno de 1250ºC, o que resulta, por reação com o

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

oxigênio do ar e a água de resfriamento, no formato de “carepa” (ou escama de laminação) conhecida por chapa preta.

A carepa é constituída de uma mistura de óxidos de ferro. Parte da carepa de laminação que é formada sai durante a laminação e parte fica aderida ao aço, cobrindo toda a chapa de ambos os lados.

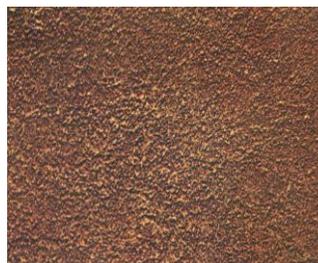
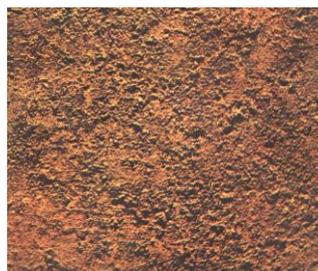
Esta carepa é encontrada não apenas em chapas, mas também em vigas, tubulações, vergalhões, etc. É sem dúvida o pior inimigo da pintura, pois, qualquer sistema de pintura aplicado sobre a carepa, poderá se desprender junto com ela.

A carepa não é aço, e sua tendência natural é se desprender do aço.

Carepa formada no aço:

Grau A – superfície de aço com a carepa de laminação aderente intacta, com pouca ou nenhuma oxidação ao longo de sua superfície. Chapa ou perfil, em geral, recém-saído da laminação.

Grau B – superfície de aço com princípio de desprendimento de carepa de laminação devido à corrosão atmosférica e dilatação diferencial carepa-metal. Chapa ou perfil com início de oxidação e da qual a carepa começou a se desprender ou que sofreu pequena ação de intemperismo.

Grau C – superfície de aço onde toda a carepa de laminação foi eliminada e na qual se observa uma corrosão atmosférica uniforme generalizada, sem, contudo, apresentar sinais de formação de cavidades visíveis. Chapa ou perfil que sofreu um completo intemperismo desagregando toda a carepa de laminação podendo o restante ser removido por raspagem.

Grau D – superfície de aço onde toda a carepa de laminação foi eliminada e na qual se observa uma corrosão atmosférica severa e generalizada, apresentando pits e alvéolos. Chapa ou perfil que sofre uma exposição exagerada à atmosfera, resultando em processo corrosivo.

5.2. TIPOS DE LIMPEZA DE SUPERFÍCIE

Os principias tipos de limpeza para a pintura de peças ou substratos são:

- Limpeza química;
- Limpeza manual;

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

- Limpeza com jateamento abrasivo.
- Aplicação de Nanocerâmico
- Fosfatização

5.2.1. LIMPEZA MECÂNICA

É um processo a seco podendo ser feito com lixa, escova de aço ou jateamento abrasivo. Este tipo de limpeza é muito eficiente, porém apresenta custo industrial elevado e, inevitavelmente, conduz a certa rugosidade da superfície, a qual provoca um aumento no consumo da tinta (camadas mais grossas). Este procedimento não deposita uma camada inibidora de corrosão na peça.

5.2.2. LIMPEZA QUÍMICA

Geralmente, é feita por imersão em soluções ácidas (decapagem). Os resíduos oleosos são removidos com o uso de solventes adequados, como solventes clorados ou soluções alcalinas (desengraxante), devido a maioria das graxas e óleos serem insolúveis em água.

Existem graxas saponificáveis, isto é, passíveis de serem removidos com uso de produtos alcalinos (soda cáustica). As peças geralmente são limpas por meio de imersão ou banhos de spray a quente (40 a 60ºC), em seguida é efetuado uma boa lavagem com água limpa.

Alguns tipos de óleos minerais não são saponificáveis e para a sua remoção se faz necessário o uso de solventes orgânicos apropriados, ou de tensoativos em formas de soluções (Detergentes) que é muito eficiente, também na remoção de sais e óxidos solúveis. E muito importante lavar bem as peças após a aplicação dos tensoativos para remover possíveis resíduos do mesmo que irá interferir na aderência da tinta.

5.2.3. DESENGRAXE COM SOLVENTE

Antes de definir qual a forma de desengraxe a ser usado, é importante conhecer o tipo de contaminante a ser removido. Embora pouco eficiente, esse método ainda é muito utilizado para remover graxas, óleos solúveis, lubrificantes e óleos protetivos que restam depositados sobre as superfície após operações de usinagem e manuseio, bem como a remoção de poeiras, cavacos e outros.

Os solventes usados podem ser de muitos tipos: Thinners de limpeza, Diluentes, Solvenraz, etc.

Algumas empresas ainda utilizam solventes clorados, embora não inflamáveis, são tidos como tóxicos. Por isso quando usados, deve-se sempre ser instalado em locais muito bem ventilados.

O método de aplicação de solventes consiste em: Fricção com panos limpos (brancos), imersão, spray, desengraxe por vapor (solventes clorados).

Vantagens: Os solventes removem os óleos e graxas com facilidade, é fácil de aplicação e o método não requer grandes espaços.

Desvantagens: Os solventes, bem como os equipamentos ou utensílios empregados, ficam rapidamente impregnados com óleo e graxa. Logo, deixam de limpar e apenas espalham os contaminantes. Método que requer muita mão de obra envolvendo perda de solvente por evaporação. Grande risco para a saúde e incêndio. Só remove óleo, graxa e poeiras e não tem efeito sobre ferrugem e carepa de laminação.

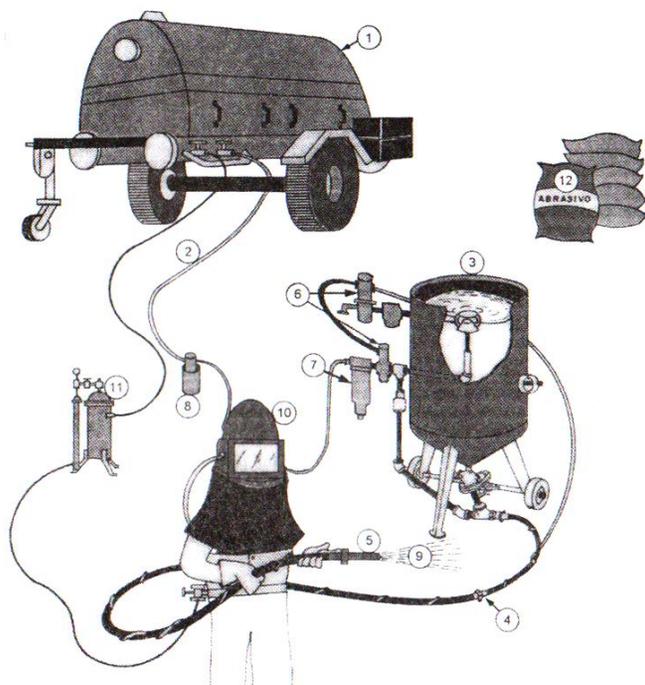
5.2.4. LIMPEZA COM JATEAMENTO ABRASIVO

Consiste na remoção da camada de óxidos e outras substâncias depositadas sobre a superfície. O jato abrasivo é obtido pela projeção, sobre a superfície, de partículas de abrasivo, impulsionadas por um fluído, em geral o ar comprimido.

Para que o desempenho do esquema de pintura não seja prejudicado por um eventual excesso de rugosidade da superfície, sugere-se que seu valor seja relacionado com a espessura total do filme.

Na limpeza por jateamento abrasivo, distinguem-se quatro graus de jateamento, os quais devem ser realizados em superfícies de aço cujo estado inicial de oxidação é também classificado em quatro graus.

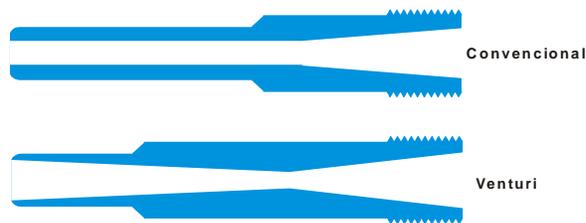
WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

O equipamento para jateamento abrasivo constitui-se basicamente dos seguintes componentes:

1 – Compressor
2 – Mangueira de ar
3 – Vaso de pressão
4 – Mangueira de ar-abrasivo
5 – Bico
6 – Válvula de controle remoto
7 – Separador de umidade
8 – Separador de óleo
9 – Jato abrasivo
10 – Capacete com ar puro
11 – Separador de óleo do ar
12 - Abrasivo

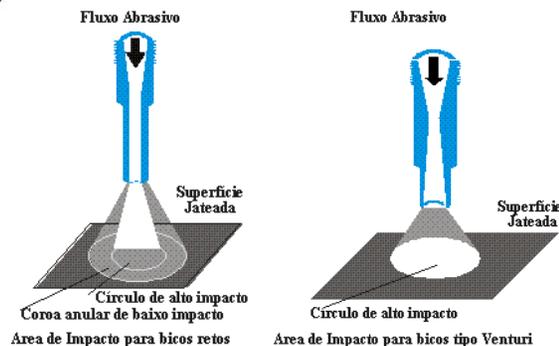
O compressor deve fornecer o ar com uma pressão da ordem de 0,6 MPa (100 psi) no bico e uma vazão de ar compatível com o tamanho do equipamento de jato e com o diâmetro interno do bico. O ar deve ser desumidificado no separador de umidade e ter o óleo removido no filtro.

O vaso de pressão deve ser de duplo compartimento e possuir válvula de segurança e uma válvula automática para enchimento.

A válvula de mistura ar-abrasivo deve ser de características compatíveis com o equipamento.

Abaixo pode-se observar as áreas de impacto de bicos tipo **retos e venturi**, onde se pode verificar que nos bicos tipo venturi a área de alto impacto ocupa toda a superfície de jato, conduzindo a uma maior efetividade no jateamento, em especial no seu rendimento.

Esquema dos bicos convencional e venturi

Area de Impacto para bicos retos

Area de Impacto para bicos tipo Venturi

O jatista deve ser protegido, para sua perfeita segurança, por um capacete e uma máscara com entrada de ar puro, vestuário adequado e luvas.

TIPOS DE ABRASIVOS

Granalha de aço: é usada, quase sempre, em circuitos fechados, a fim de se ter o máximo de reaproveitamento. Só é economicamente viável quando o jateamento é feito em ambiente onde o abrasivo pode ser recuperado e reaproveitado.

Granalhas sintéticas: são usadas granalhas de material duro como carbonetos, escórias, e até mesmo materiais plásticos.

Esferas de aço, ferro fundido ou vidro: usados apenas para pequenos trabalhos de limpeza.

Outros materiais: poderão ser usados em condições especiais, como, por exemplo, bauxita sinterizada, carbonetos duros, escórias de cobre, dentre outros.

PERFIL DE RUGOSIDADE EM FUNÇÃO DO ABRASIVO

ABRASIVO	TAMANHO MÁXIMO DA PARTÍCULA		Altura máxi-ma de perfil (µm)	Rugosidade média (µm)
	Abertura da peneira (mm)	Nº da peneira ASTM e-11		
Granalha de aço (Partícula angular)				
Nº G 50 SAE	0,7	25	85	70
Nº G 40 SAE	1,0	18	90	75
Nº G 25 SAE	1,2	16	100	80
Nº G 16 SAE	1,7	12	200	150
Granalha de aço (esféricas)				
Nº S 230 SAE	1,0	18	80	65
Nº S 280 SAE	1,2	16	85	70
Nº S 330 SAE	1,4	14	90	75
Nº S 390 SAE	1,7	12	95	80

Após a operação de jateamento abrasivo, a superfície a ser pintada deve ser limpa com ar seco, removendo-se a poeira proveniente do mesmo, evitando-se assim problemas de deficiente adesão de tinta, bem como eventual impregnação com partículas grosseiras.

A rugosidade da superfície após a limpeza, particularmente com abrasivos, deve ser proporcional à espessura mínima recomendada pelo esquema de pintura, sendo comum adotar-se um perfil médio de rugosidade do material de cerca de 1/4 a 1/3 da espessura total da camada de tintas prevista pelo esquema de pintura.

O perfil de rugosidade obtido no jateamento da superfície é função principalmente da granulometria do abrasivo.

ORIENTAÇÃO NA APLICAÇÃO DO JATEAMENTO

A execução do processo de jateamento deve ser **evitada** quando a umidade relativa do ar for maior que 85%.

INTERVALO ENTRE JATEAMENTO E PINTURA

Após o jateamento, a superfície de aço fica em estado vulnerável, devendo ser protegida imediatamente com o sistema de pintura especificado.

Não é recomendável, e nem é boa prática, deixar a superfície jateada exposta. Contudo, em termos práticos, é necessário observar as considerações seguintes:

a) Um intervalo de até 4 horas entre o jateamento e a pintura é bastante seguro, quando o trabalho está sendo realizado em ambiente abrigado, como dentro de galpões com atmosfera limpa e umidade relativa em torno de 70%, no máximo de 75%.

b) Sob condições muito favoráveis de tempo seco e em atmosfera com um mínimo de poluição, é possível considerar intervalos máximos de 4 ou até 6 horas, enquanto que sob condições de atmosfera industrial ou marítima, ou ainda sob condições meteorológicas desfavoráveis, é de importância vital que a pintura seja aplicada o mais rápido possível, com intervalo máximo de até 2h.

c) Superfícies jateadas que sofrerem condensação de umidade, que apresentarem qualquer deterioração ou oxidação visível, ou ainda que não tiverem sido pintadas no mesmo dia de trabalho, deverão **ser rejateadas**.

TIPO DE LIMPEZA	ISO 8501-1	NORMA SIS 05 59 00	NORMA SSPC	NORMA PETRO-BRÁS
Limpeza manual	St2	St2	SP 2	N-6
Limpeza com ferramenta mecânica manual	St3	St3	SP 3	N-7
Jateamento ligeiro (brush off)	B Sa1 C Sa 1 D Sa1	B Sa1 C Sa 1 D Sa1	SP 7	N-9 (Grau Sa 1)
Jateamento comercial ou ao metal cinza	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	SP 6	N-9 (Grau Sa 2)
Jateamento ao metal quase branco	A Sa 2½ B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½	A Sa 2½ B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½	SP 10	N-9 (Grau Sa 2 ½)
Jateamento ao metal branco	A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	SP 5	N-9 (Grau Sa 3)

Notas:

1. As Normas ISO 8.501-1 e a Sueca SIS 05 59 00 não prevêem a limpeza, por jateamento ligeiro e comercial, para superfície cujo estado de oxidação é o Grau A.

2. As Normas Sueca ISO 8.501-1 e a SIS 05 59 00 não prevêem também para o Grau A limpeza manual e com ferramentas mecânicas manuais, devido a dificuldade de remoção da carepa que é muito aderente.

GRAUS DE LIMPEZA COM JATEAMENTO ABRASIVO

Limpeza ligeira ou jato de escovamento: constitui-se numa limpeza ligeira e precária, em geral pouco empregada para pintura, exceto em alguns casos de repintura. A retirada do produto de corrosão neste caso situa-se em torno de 5%. Corresponde ao padrão Sa 1 da Norma Sueca SIS 05 59 00 e de ISO 8.501-1.

Limpeza ao metal cinza ou jateamento comercial: constitui-se numa limpeza de superfície com a retirada de óxidos, carepa de laminação, etc., em cerca de 50% da superfície a ser pintada. Corresponde ao padrão Sa 2 da Norma Sueca SIS 05 59 00 e da ISO 8.501-1.

Limpeza ao metal quase branco: constitui-se numa limpeza de superfície com a retirada quase total dos óxidos, carepa de laminação, etc., admitindo-se cerca de 5% da área limpa com manchas ou raias de óxidos encrustados. Corresponde ao padrão Sa 2 ½ da Norma Sueca SIS 05 59 00 e ISO 8.501-1.

Limpeza ao metal branco: constitui-se numa limpeza com a retirada total de óxidos, carepa de laminação, etc., deixando-se a superfície do metal completamente limpa. Corresponde ao padrão Sa 3 da Norma Sueca SIS 05 59 00 e da ISO 8.501-1.

PROBLEMAS COMUNS NO PROCESSO DE JATO

- Pré-limpeza com solvente insuficiente.
- Abrasivo de tamanho inadequado.
- Abrasivo contaminado.
- Perfil de rugosidade inadequado.
- Velocidade do jateamento.
- Técnica irregular de jato.
- Manuseio com as mãos na peça.
- Reutilização da areia.
- Condições ambientais inadequadas.

COMPARATIVO ENTRE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE POR IMERSÃO E SPRAY

As vantagens e desvantagens de cada sistema estão resumidas abaixo.

SISTEMA DE PRÉ-TRATAMENTO POR IMERSÃO

Vantagens:

- ✓ Baixo custo de instalação;
- ✓ Pode ser fora da monovia;
- ✓ Melhor proteção em áreas difíceis de limpar (partes internas);
- ✓ Peças pequenas são facilmente limpas;
- ✓ Manutenção é simples.

Desvantagens:

- ✗ Não é fácil de automatizar;
- ✗ Processo lento;
- ✗ Tanques grandes requerem longo tempo de aquecimento;
- ✗ Consome mais energia;
- ✗ A qualidade pode variar conforme a realização do controle do banho.

É aconselhado sempre consultar o fornecedor do banho de pré-tratamento para obter a condição ideal do banho para alcançar a limpeza necessária nas peças. Todo o processo de pré-tratamento deve ser mantido na dosagem ideal de produtos químicos para garantir a eficiência da limpeza.

SISTEMA DE PRÉ-TRATAMENTO POR SPRAY

Vantagens:

- ✓ Pode ser facilmente automatizado;
- ✓ A planta industrial pode ser construída em linha com a pintura a pó;
- ✓ Limpeza mais eficaz;
- ✓ Menor consumo de energia;
- ✓ Maior entrada de peças para limpeza.

Desvantagens:

- ✗ Maior custo de manutenção;
- ✗ Dificuldade na limpeza de peças de geometria complicada;
- ✗ Peças menores são limpas com menos intensidade.

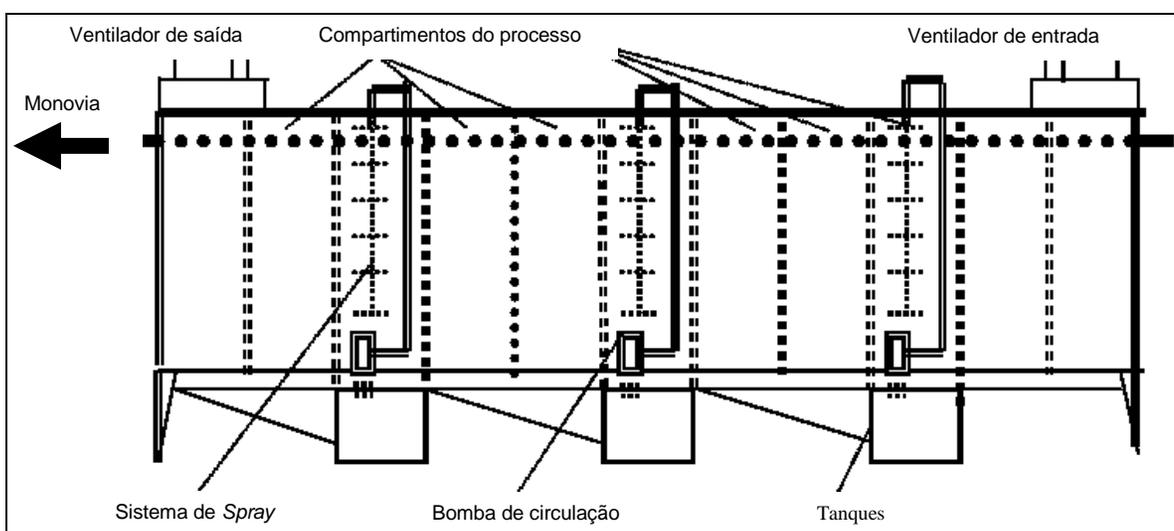
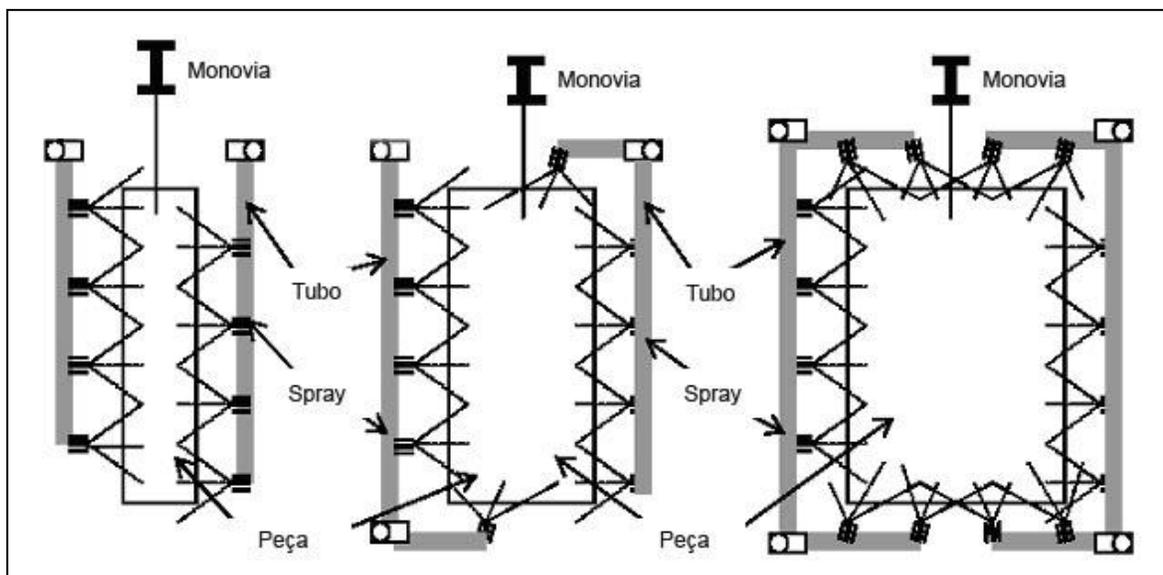
O sistema de circulação por *spray* é muito utilizado devido sua elevada eficiência e

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

operação contínua. O processo tem um sistema de circulação para cada etapa de limpeza, enxágüe e passivação.

Normalmente 5, 6 ou 7 estágios de pré-tratamento são necessários quando se deseja uma pintura de altíssima qualidade.

Cada parte do processo têm um reservatório que bombeia a solução química até os bicos, que formam o spray para limpar as peças.

A figura que segue ilustra três tipos de sistema de *spray.* A distância entre os estágios está em função do tempo do processo e da velocidade da monovia.

Sistema de pré-tratamento por *spray* em 3 estágios, ou 3 tanques com produtos diferentes.

Exemplo de 3 sistemas de *spray*, com variação na quantidade de bicos e posicionamento.

Pré-tratamento por imersão

Pré-tratamento por Imersão

Pré-tratamento por *spray*

5.2.5. TRATAMENTO POR DEPOSIÇÃO QUÍMICA

Superfícies ferrosas: a fosfatização é o processo mais usado, podendo ser à base de fosfato de ferro, fosfato de zinco ou fosfato tricatiônico (Ni, Zn e Mn).

O fosfato de ferro é mais barato e mais simples, porém o fosfato de zinco proporciona uma maior proteção anticorrosiva.

Ambos os processos agem por reação dos compostos fosfatizantes com a superfície, formando finas camadas de cristais aderentes, inibidoras da corrosão e atuam como promotores de aderência.

Superfícies não ferrosas: alumínio e zamak – A cromatização é o processo mais usado e é similar a fosfatização. Freqüentemente, antes da cromatização, torna-se necessário um pré-tratamento das peças com uma solução diluída de soda.

Também pode ser adotado o nanocerâmico.

Superfícies galvanizadas: o processo de fosfatização fornece resultados excelentes.

5.2.5.1 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE COM NANOCERÂMICO

Um dos tratamentos de superfícies metálicas mais utilizadas é a fosfatização. Entretanto estudos recentes demonstraram que a utilização de nanocerâmicos (nanopartículas de cerâmica) como pré-tratamento, é de alta qualidade, gera menos resíduo sendo economicamente viável.

O processo nanocerâmico além de isento de fosfato e de metais pesados é menos complicado que o processo convencional de fosfatização.

Pode ser utilizado em superfícies que receberão tinta líquida ou em pó e pode ser realizado por imersão ou por spray.

Pode ser aplicado sobre a superfície de aço, alumínio e zinco.

A peça tratada recebe uma fina camada inorgânica que fica fortemente aderida superfície, e confere melhor adesão da tinta ao substrato e proteção anticorrosiva a peça.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Vantagens na utilização do tratamento com nanocerâmico

- Aplicação à temperatura ambiente;
- Economia de energia;
- Redução do tempo de imersão;
- Não necessita do processo de passivação (diminui custos).

Além das vantagens acima relacionadas, o processo é menos poluente que a fosfatização, pois menos lodo é produzido, o que diminui gastos com tratamento de água, disposição final dos resíduos, manutenção e limpeza dos banhos.

A única restrição deste processo é a necessidade de água deionizada (livre de íons) para os enxágües do processo.

5.2.5.2 FOSFATIZAÇÃO

É um dos métodos mais eficiente de limpeza e preparação de superfície utilizado na industrial. Consiste nas seguintes etapas:

- Desengraxe alcalino e Lavagem
- Decapagem ácida e Lavagem
- Refinador
- Fosfatização e Lavagem
- Passivação e Lavagem
- Secagem das peças

A cada etapa do processo se faz necessário um bom controle do tempo de permanência das peças nos banhos, temperatura dos banhos, lavagem das peças antes de entrar no próximo banho e análise dos banhos para verificar a sua concentração de acordo com cada fornecedor e evitar contaminações.

É um processo químico a partir do qual é obtida uma camada de fosfato de pequena espessura cristalizada sobre superfícies metálicas.

A finalidade da fosfatização é **melhorar a aderência** de tintas e tornar a superfície mais **resistente a corrosão**.

Vantagens da utilização da Fosfatização

a) Protege temporariamente a peça a ser recoberta.
b) Aumenta sensivelmente a ancoragem da tinta ao substrato.
c) Oferece proteção contra a corrosão durante o tempo de vida do produto.

Obs: A camada adere fortemente ao substrato, pois se origina de uma reação química com o material base, e possui excelente capacidade de ancoragem da tinta.

5.2.5.2.1 PROCESSOS DE FOSFATIZAÇÃO 3 EM 1

Forma de tratamento de superfície simples com boa resistência anticorrosiva, contendo em um único produto os componentes: desengraxante, decapante e fosfatizante. Geralmente empregado por aplicação por spray ou manual por fricção com pedaços de tecido ou estopas.

ETAPAS DO PROCESSO DE FOSFATIZAÇÃO

ETAPA 1 - DESENGRAXE

Consiste na remoção de óleo e sujidades das superfícies provenientes das operações de manufatura ou oleamento de usina, obtendo uma superfície limpa, isenta de impurezas.

CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE UM DESENGRAXANTE

- Tipo de substrato
- Forma de aplicação
- Tipo de contaminantes
- Processo posterior

Tipos de Desengraxantes

Para materiais ferrosos: alcalinos, neutros, protetivos, desfosfatizantes, especiais.

Para materiais não ferrosos: levemente alcalinos, neutros, gravadores, ácidos.

FORMAS DE APLICAÇÃO

- Aspersão (ação mecânica)
- Imersão (com recirculação)
- Equipamento portátil com água pressurizada (com ou sem aquecimento)
- Eletrolítico (corrente elétrica).

Fatores que afetam a eficiência de um desengraxante:

- Concentração (quanto maior a concentração melhor a eficiência 0,5 a 5%);
- Temperatura (varia em torno de 25 a 80°C dependendo do tipo de óleo ou impureza impregnada);
- Contaminação / Tempo de uso do banho;
- Tipo e concentração de tensoativos;
- Agitação (no caso de imersão);
- Pressão (no caso de aspersão).

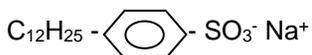
TENSOATIVOS

Tensoativo é uma molécula com uma parte solúvel em óleo e outra solúvel em água. Esta solubilidade faz com que o tensoativo atue na interface do meio aquoso/não aquoso.

Existem três tipos de tensoativos:

a) Aniônicos: a carga da molécula é negativa: carboxilato, solfonato, sulfato e etc. A maioria destes tensoativos possui alto poder espumogêneo e, portanto é inviável sua utilização para aspersão.

Ex. Dodecilsulfonato de Sódio

$C_{12}H_{25}$ - ⌬ - SO_3^- Na^+

b) Catiônicos: a carga da molécula é positiva: amina e grupo quaternário de nitrogênio. Não são usados para processos de tratamento de superfície, pois, ao invés de limpar a peça, aderem à sujidade na superfície.

c) Não Iônicos: a molécula não possui carga e é caracterizada pelos grupos C-OH e C=O onde a solubilidade em meio aquoso é conseguida por ligações de hidrogênio. Apresentam boa solubilidade em meios neutros ou alcalinos e são muito utilizados em banhos de fosfatos com aspersão devido ao baixo poder espumogêneo.

ETAPA 2 - DECAPAGEM (fase opcional e de pouco uso)

Consiste na remoção de camadas de óxidos do metal base que pode ter sido formada durante o processo de laminação a quente ou ferrugem formada pela ação do tempo durante o transporte ou armazenamento.

Os decapantes mais comuns são a base de ácidos, que reagem com a camada de óxido formada produzindo sais solúveis de fácil remoção por meio de lavagem.

Ácido Sulfúrico (H_2SO_4): é largamente utilizado, apresenta baixo custo, é usado em temperaturas de 60 a 90 °C em concentrações de 5 a 30%. O banho pode ser reciclado via remoção de $FeSO_4$ precipitado em baixas temperaturas (25 a 30°C).

Ácido Clorídrico (HCl): é usualmente utilizado quando não há aquecimento. É muito prejudicial ao meio ambiente e não recomendado para alguns tipos de substrato.

Ácido Fosfórico (H_3PO_4): custo elevado, se utiliza para leves decapagens devido ao baixo poder de solubilidade do ferro. A grande vantagem do ácido fosfórico é sua utilização manual, por outro lado, a desvantagem é que a camada leve formada de fosfato de ferro pode inibir processos posteriores de fosfatização.

ETAPA 3 - ENXAGUE PÓS-DESENGRAXE

Trata da remoção dos resíduos das superfícies provenientes do estágio de decapagem ácida, evitando a contaminação do estágio subseqüente do processo.

Características:

Caracteriza-se por trabalhar em regime de transbordamento contínuo para minimizar contaminação do estágio posterior.

ETAPA 4 - REFINADOR DE CRISTAIS

Sua finalidade é condicionar as superfície a ser fosfatizada para obtenção de uma camada de fosfato uniforme, densa e microcristalina, evitando falhas ou imperfeições da camada de fosfato depositado para não comprometer a qualidade do processo.

Características:

Utilizam-se compostos a base de fosfato de titânio, podendo ser aplicados por aspersão ou imersão.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

ETAPA 5- FOSFATIZAÇÃO

É a deposição sobre a superfície de uma camada de fosfatos firmemente aderida ao substrato, preparando para receber revestimentos orgânicos, proporcionando melhor aderência e resistência à corrosão, ou lubrificantes nas operações de deformação a frio ou em partes móveis. A fosfatização sozinha não tem muito valor protetivo contra a corrosão nas superfícies metálicas, porém, quando associada à pintura, ela assume uma importância muito grande, pois, além de melhorar a aderência da tinta, converte a superfície metálica que é sensível a corrosão, em uma superfície não metálica, de fosfato e com isso mais resistente.

Características:
Consiste basicamente em fosfatos metálicos dissolvidos em solução aquosa de ácido fosfórico (H_3PO_4), podendo ser aplicado por aspersão ou imersão.

TIPOS DE FOSFATO

Classificação	Características	Aplicação
Fosfato de Ferro	Estrutura Amorfa Boa aderência das tintas Boa resistência à corrosão	Imersão/ Aspersão
Fosfato de Zinco	Estrutura Cristalina definida Excelente aderência das tintas Excelente resistência à corrosão Melhor controle visual	Imersão/ Aspersão
Fosfato Tricatiônico (Zn, Ni e Mn)	Estrutura Cristalina definida Melhor controle visual Excelente absorção de lubrificantes, óleos protetivos	Imersão/ Aspersão

Reações Químicas envolvidas

Ataque $Fe + 2H^+_{(aq.)} \rightarrow Fe^{2+} + H_{2\,(g)} \uparrow$
(oxidação – microanodo)

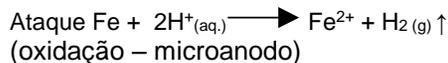
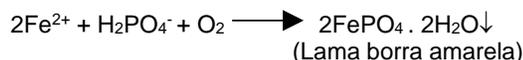
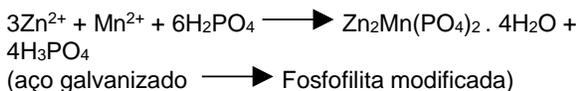
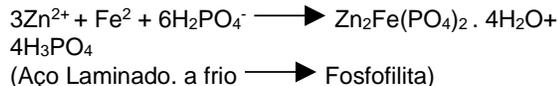
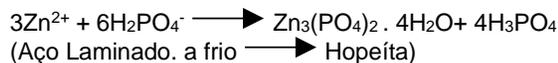
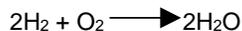
Depolarização

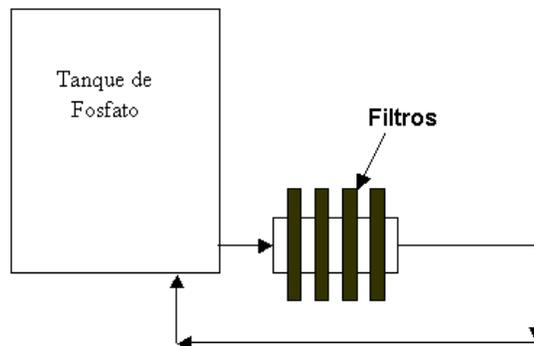
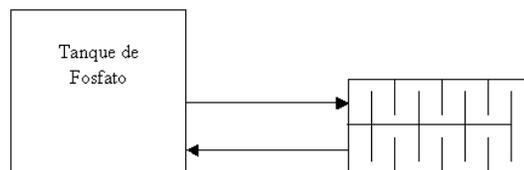
$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

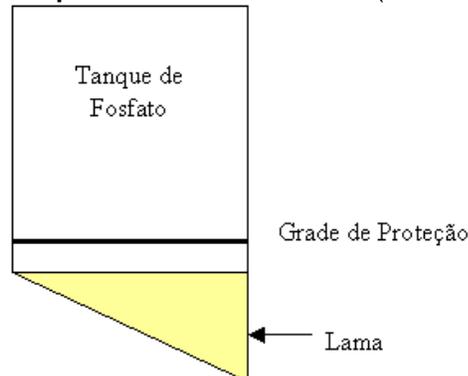
$3Zn^{2+} + 6H_2PO_4^- \rightarrow Zn_3(PO_4)_2 . 4H_2O + 4H_3PO_4$
(Aço Laminado. a frio → Hopeíta)

$3Zn^{2+} + Fe^2 + 6H_2PO_4^- \rightarrow Zn_2Fe(PO_4)_2 . 4H_2O + 4H_3PO_4$
(Aço Laminado. a frio → Fosfofilita)

$3Zn^{2+} + Mn^{2+} + 6H_2PO_4 \rightarrow Zn_2Mn(PO_4)_2 . 4H_2O + 4H_3PO_4$
(aço galvanizado → Fosfofilita modificada)

$2Fe^{2+} + H_2PO_4^- + O_2 \rightarrow 2FePO_4 . 2H_2O\downarrow$
(Lama borra amarela)

FORMAS DE REMOÇÃO DA BORRA

Filtro Prensa (vista lateral)

Decantador (vista superior)

Tanque com Fundo Inclinado (vista lateral)

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

ETAPA 6 - ENXAGUE PÓS-FOSFATO

Tem como objetivo a remoção dos sais residuais, subprodutos de reação e acidez proveniente do estágio de fosfatização, para evitar contaminação do estágio posterior.

Características

Trabalha em regime de transbordamento contínuo para manter a água com o mínimo de contaminação possível.

ETAPA 7 – PASSIVAÇÃO

Finalidade:

Selar as porosidades existentes na camada de fosfato, pois a mesma apresenta certo grau de porosidade, independente do tipo de cristal. A passivação aumenta a resistência à corrosão melhorando a aderência da tinta, evitando o empolamento e corrosão filiforme.

Características dos Passivadores:

- Orgânicos: Composto ácido a base de resinas orgânicas ou polímero sintético.
- Inorgânicos: Composto ácido a base de cromo ou zircônio.

ETAPA 8 - ENXAGUE – ÁGUA DEIONIZADA (DI)

Trata da remoção dos sais solúveis residuais e do excesso de acidez proveniente da passivação, para evitar formação de blisters e focos de corrosão.

Características:

Trabalha com água contendo baixo teor de sais, com pH e condutividade controlada, em regime de transbordamento contínuo.

Tipos de substratos que podem ser fosfatizados:
Aço Laminado a frio
Aço Laminado a quente
Aço Galvanizado a quente por imersão (zincado)
Aço Galvanizado por eletrodeposição (minimizado)
Liga de Galvalume (70% Zinco + 30% Al)
Alumínio
Ferro Fundido
Liga Zamak (Cobre e Zinco).

ETAPA 9 – SECAGEM DAS PEÇAS

Secar as peças em estufa com temperatura na faixa de 100ºC. Geralmente as peças passam por fornos ou sopros de ar quente e toda a umidade da superfície que possa formar bolhas e prejudicar a pintura é eliminada.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

IDENTIFICAÇÃO, ORIGEM E CORREÇÃO DE DEFEITOS EM PEÇAS FOSFATIZADAS

DEFEITO	IDENTIFICAÇÃO	ORIGENS	CORREÇÕES
CAMADA MANCHADA	Oleosidade	Pouco tempo de enxágüe ou renovação deficiente da água após o desengraxe.	Aumentar o tempo de enxágüe e baixar o pH da água a faixa usual.
FALHA NA CAMADA	Falhas com aspecto brilhante.	Concentração ou temperatura baixa no banho desengraxante ou no fosfato.	Corrigir os parâmetros de trabalho para faixa usual.
MANCHA DE FERRUGEM	Peças com aspecto enferrujado.	Tratamento de peças enferrujadas. Banho de decapagem insuficiente.	Verificar todas as peças para que as mesmas entrem no desengraxamento sem nenhum tipo de oxidação.
MANCHA AMARELADA	Peça manchada	Concentração do acelerador ou problema com o passivador.	Corrigir a concentração do acelerador para a faixa usual. Se o problema for com o passivador, descartar todo banho, preparar uma nova solução.
PEÇAS COM RESÍDUO DE PÓ	Peça com excessivo resíduo de pó de fosfato.	Banho de fosfato apresenta muita borra no fundo do tanque.	Se o resíduo for pequeno, limpar as peças com ar comprimido, se não, transferir o banho de fosfato para outro tanque. Após retirar toda a borra do fundo, retornar para banho previamente filtrado.
BANHO CONTAMINA-DO	Banho não funciona, apesar de todos os controles estarem dentro do especificado.	Contaminação com arsênio, chumbo, alumínio ou excesso de ferro no banho de fosfato.	Caso a contaminação seja pequena, sacrificar algumas cargas de peças, nos casos mais graves, descartar todo o banho.
OBS: O banho novo só deverá ser colocado, após uma minuciosa limpeza do tanque de fosfato.			

5.2.5.3 SUGESTÕES SIMPLES DE PREPARO DE SUPERFÍCIES NÃO FERROSAS

Chapas de Alumínio e Cobre

A superfície poderá ser desengraxada com pano limpo embebido em solventes para a remoção de óleos e graxas.

Chapas de aço revestidas com Zinco

É comum, após exposição a intempéries, o aparecimento da corrosão do zinco em superfícies submetidas à galvanização metálica do aço, isto se deve ao mecanismo de proteção.

Corrosão branca é parcialmente solúvel em água, bastando um vigoroso esfregão úmido com escovas de cerdas de nylon ou fibra vegetal.

Não utilizar somente solventes para remoção de óleos ou gorduras que possam conter sobre a superfície.

Nota 1: Solvente não remove a corrosão branca.

Nota 2: Somente aplicar um tratamento com lixa, mediante indicação da área técnica e jamais, aplicar um tratamento através de escovas rotativas ou jato abrasivo.

AÇO GALVANIZADO ELETROLÍTICO (FLORES DE ZINCO)

Galvanizado novo

O aço é zincado por meio de banhos onde o zinco é depositado por meio de corrente elétrica. Um eletrodo de zinco vai se decompondo para que o zinco se transfira para a peça a ser revestida. É muito conhecido como galvanizado eletrolítico.

Limpeza da superfície:

a) Desengraxar a peça galvanizada esfregando a superfície com panos brancos limpos embebidos em diluente até a total eliminação de oleosidade e gorduras. Trocar os panos com freqüência.

b) Atualmente existe a opção de limpeza da peça com a utilização de um detergente (tensoativo) que apresenta algumas vantagens, tais como: não é inflamável, pode ser biodegradável, remove os sais e compostos solúveis por ser aplicado por meio de uma solução aquosa e a oleosidade por ser um tensoativo.

Galvanizado pintado

a) Remover tintas anteriormente aplicadas (aderência comprometida) com removedor, seguido de raspagem/ lavagem com água doce e limpa/ desengraxe com solvente.

b) Escovar (escova manual) a superfície até a eliminação total de resíduos.

c) Desengraxar com panos brancos, limpos e embebidos em diluente até a total eliminação de oleosidade.

Galvanizado antigo

Enquanto a chapa não apresentar corrosão vermelha, ou seja, produtos de corrosão do aço, pode-se tratar como descrito para aço zincado a quente novo.

Se a corrosão já esta num estágio mais avançado e a camada de zinco já estiver comprometida, deve-se tratar o galvanizado como uma superfície de aço enferrujada. Geralmente adotando o processo de limpeza por meio de jateamento abrasivo ou limpeza mecânica.

a) Escovamento / lixamento manual ou mecânico até a total remoção de “corrosão branca” e oxidação vermelha em áreas com o zinco já exaurido.

b) Desengraxar com pano limpo embebido em solvente até a total eliminação de oleosidade e deposição de impurezas.

LIGAS METÁLICAS NÃO FERROSAS

Tratamento da superfície idêntico ao indicado para aço galvanizado novo.

Galvanizado a fogo (novo)

a) Desengraxar a peça galvanizada esfregando a superfície com panos brancos limpos embebidos em diluente até a total eliminação de oleosidade e gorduras. Trocar os panos com freqüência.

c) Atualmente existe a opção limpeza da peça com a utilização de um detergente (tensoativo) que apresenta algumas vantagens, tais como: não é inflamável, pode ser biodegradável, remove os sais e compostos solúveis por ser aplicado por meio de uma solução aquosa e a oleosidade por ser um tensoativo.

d) Pode ser adotado um Jateamento abrasivo ligeiro (Padrão Sa 1), criando perfil de ancoragem.

Nota: Para utilização deste método, se faz necessário, treinar bem o pessoal para não forçar muito o jato e gastar a camada de zinco perdendo a proteção. O jato deve ser bem superficial.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

e) Fosfatização NBR 9209 - processo conversão - cristais de fosfato que proporcionam aderência e proteção anticorrosiva.

Galvanizado a Fogo (envelhecido)

a) Lavar substrato para remoção de sais solúveis, seguido de escovamento (sem polir).
b) Desengraxar.
c) Alternativa: jato ligeiro.

Aço Zincado por Aspersão Térmica

Caso a superfície apresente corrosão branca do zinco, lavar com água doce (potável), esfregando com escovas de nylon ou piaçaba. Não utilizar lixa. Deixar secar.

5.2.5.4 PREPARO DE SUPERFÍCIES PINTADAS PARA REPINTURA

As falhas na pintura que podem ocorrer estão relacionadas, em ordem de importância, com os fatores seguintes:

a) Danos mecânicos na película.
b) Limpeza não satisfatória da superfície antes da pintura.
c) Falhas durante a aplicação.

O quadro abaixo apresenta o tratamento superficial em relação ao tipo de ambiente em que será aplicado o material.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Campo de aplicação	Aço laminado a frio	Aço zincado	Alumínio
Ambientes internos (não há requisitos especiais)	Decapagem e passivação ou Fosfatização - Fe	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Decapagem
Ambientes internos com poluição, por exemplo, água de condensação.	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Cromatização
Aplicação externa (sem agressividade muito grande).	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Cromatização.
Aplicação externa (alta agressividade)	Desengraxe + Fosfato de zinco ou tricatiônico	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Cromatização
Aplicação especial Ex. Indústria automobilística.	Fosfatização Zn com Passivação posterior ou Tricatiônico.	Fosfatização-Zn com passivação posterior	Cromatização

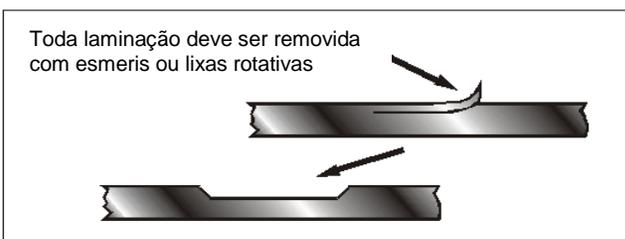
Alguns detalhes devem ser observados na configuração do suporte das peças no pré-tratamento:

- Pré-tratamento deve ser definido antes de pendurar a peça (instalação de pulverização ou imersão).
- A suspensão deve ser tal que as peças sejam fixadas corretamente e que também não possam se soltar durante o pré-tratamento.
- As peças devem estar suspensas de tal maneira que permitam um bom revestimento.
- Os produtos do pré-tratamento devem escoar, para que os banhos de neutralização sejam mantidos limpos. Na cabine de pintura somente podem entrar peças completamente secas.
- Ganchos universais evitam a confusão de suspensão.

Se possível, deve-se evitar que superfícies grandes sejam suspensas com a face para cima (perigo de contaminação por causa de queda de partículas).

6. DEFEITOS OBSERVADOS NA SUPERFÍCIE

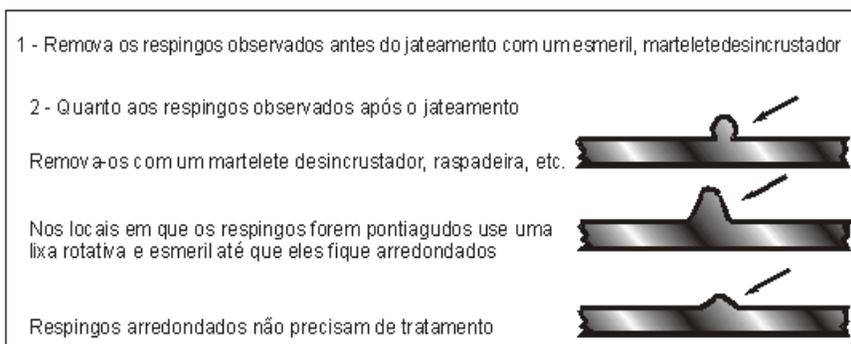
Embora não sejam considerados estritamente como contaminantes, os defeitos na superfície contribuem para o aparecimento de falhas no revestimento e precisam ser retificadas como parte do processo de preparação.

LAMINAÇÕES DA SUPERFÍCIE

Esses defeitos provavelmente ficarão expostos após o jateamento, quando eles tendem a se projetar acima da superfície. Nenhum sistema de revestimento pode cobrir adequadamente ou proteger as laminações, portanto, elas devem ser removidas por esmerilhamento ou lixamento rotativo.

RACHADURAS E FISSURAS PROFUNDAS

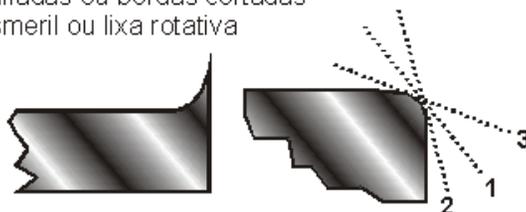
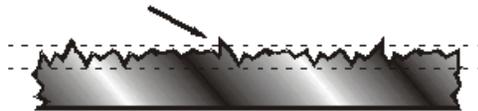
Esse tipo de defeito pode conter umidade, a qual cria pontos de corrosão. Esses defeitos devem ser esmerilhados, a menos que sejam muito profundos, caso em que devem ser preenchidos com solda e depois suavizados.

INCLUSÕES

Todas as inclusões nas superfícies das chapas de aço, tais como: respingos de solda, inclusive as carepas de laminação não removidas na cabine de jateamento, devem ser removidas por raspagem, esmerilhamento ou se necessário através de rejateamento.

BORDAS AFIADAS OU CANTO VIVO

As tintas convencionais, durante o processo de cura, tendem a escorrer das bordas afiadas ou “cantos vivos” originadas dos processos de corte das chapas, deixando um filme fino que se rompe com facilidade. Estas regiões de bordas por estarem com pouca tinta estarão mais susceptíveis à corrosão. Por isso, todas as bordas afiadas devem ser evitadas (esmerilhadas), inclusive as bordas cortadas a maçarico.

Para peças mais grossas, recomenda-se que as bordas afiadas sejam suavizadas a um raio de 2-3 mm.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

O capeamento com irregularidades ou bordas afiadas deve ser removido com lixa rotativa ou esmeril

De acordo com a necessidade de cada cliente, as tintas podem ser melhoradas quanto à característica de melhor desempenho nas peças nos pontos de cantos vivo, evitando que ocorra o deslocamento da tinta e conseqüente exposição da peça que ficará sujeita a apresentar início de pontos de corrosão nestes locais.

Quando houver a necessidade, o cliente poderá solicitar a avaliação de melhoria do produto, sendo que poderá acarretar em possível aumento de custo.

POROSIDADE DA SOLDA - “MORDEDURA” DA SOLDA

Não é possível encobrir a porosidade da solda com a aplicação da tinta. Células de corrosão se formam nos defeitos levando à ruptura do revestimento. Os defeitos de porosidade devem ser preenchidos com solda e suavizados se necessário.

Também conhecidas como “mordeduras” da solda podem ser difíceis de recobrir e podem levar ao aparecimento de falhas no revestimento.

Nos locais onde a delaminação excede 1mm de profundidade e tem uma largura menor que a profundidade, pode ser necessário o reparo com solda ou esmerilhamento

CORDÕES DE SOLDA IRREGULARES

Os cordões de solda automáticos são geralmente lisos e não apresentam problemas de revestimento, mas as soldas manuais podem ter bordas afiadas ou irregulares que podem causar a ruptura do revestimento. As irregularidades devem ser desbastadas ou removidas por esmerilhamento.

7. TINTA EM PÓ

São tintas fornecidas na forma de pó, em que 100% das matérias primas são sólidas.

7.1 FATORES ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DAS TINTAS EM PÓ

Muitos aplicadores de tinta desejam saber o quanto a pintura em pó é mais econômica que a pintura líquida. Para responder esta questão é necessário avaliar cada tipo de aplicação. Existem muitos aspectos e fatores que devem ser considerados para definir o valor total de um projeto.

Alguns aspectos são tangíveis como, por exemplo, custos de investimentos e tecnologia. Outros são intangíveis como, por exemplo, a qualidade e segurança.

Abaixo seguem algumas vantagens da tinta em pó em termos de custos:

a) As tintas em pó não emitem solventes durante e após a aplicação; não causam poluição atmosférica ou poluição por efluentes;
b) Minimizam o problema de escassez do petróleo, já que não necessitam de solventes;
c) Praticamente não existe perda de material, pois quase todo o pó é reaproveitado (98% de rendimento);
O pó não utilizado pode ser coletado e reciclado, evitando problemas ambientais.
d) Fornecida nas condições de aplicação, dispensando a preparação;
Não é necessário solvente, o que reduz qualquer erro com diluição.
e) Na maioria dos casos, dispensa o uso de tinta de fundo (primer);
f) Possibilita repintura imediata antes da cura, bastando para isso a remoção do pó com ar comprimido;
g) Fácil aplicação através do meio eletrostático;
h) Elevada resistência química e mecânica;
i) Camada de 30 a 500 microns;
j) Não agride o meio ambiente;
l) Redução considerável no risco de incêndio;
Nenhum solvente é utilizado, o que reduz o risco de incêndio.
m) A instalação de pintura e cura ocupa um espaço menor do que a correspondente para tintas líquidas, pois não há necessidade da zona de evaporação do solvente (Flash off).
Não ocorre inalação de solventes pelos pintores, uma máscara evita que o pó seja inalado;
Não é necessário ventilação;
Em contato com a pele o pó é facilmente removido quando lavado com água;
n) Fácil reparo do filme não curado:
Se alguma sujeira cair sobre o substrato, o pó é facilmente removido com a utilização de ar comprimido;
O pó removido pode ser peneirado e reutilizado.
o) Limpeza:
A cabine de pintura é limpa com ar comprimido, não sendo necessário solventes de limpeza;
Boas práticas de limpeza devem ser mantidas em todos os momentos para evitar contaminações.
p) Outros fatores econômicos:
O tempo do processo é geralmente reduzido, não há o “flash off” antes da cura;
Espaço reduzido para estoque da tinta em pó, sem especial atenção para o risco de incêndio;
q) Nenhum estoque de solvente é necessário.
r) Pontos relacionados a logística: Logo após a peça sair da estufa, atingindo a temperatura ambiente pode ser embalada.

RESTRIÇÕES AO USO DA TINTA

a) Camada mais alta em peças dobradas devido à maior atração eletrostática;
b) Demanda de maior tempo na troca de cor durante a aplicação;
c) É difícil obter boa pintura aplicando a tinta em camadas abaixo de 30 µm;
d) É muito difícil pintar partes internas de um objeto. Com tinta líquida é possível através da pintura por imersão;
e) A pintura de substratos não metálicos é mais complexa (madeira, plástico, etc);
f) O aspecto do acabamento obtido com tinta em pó é deficiente para certas finalidades, como por

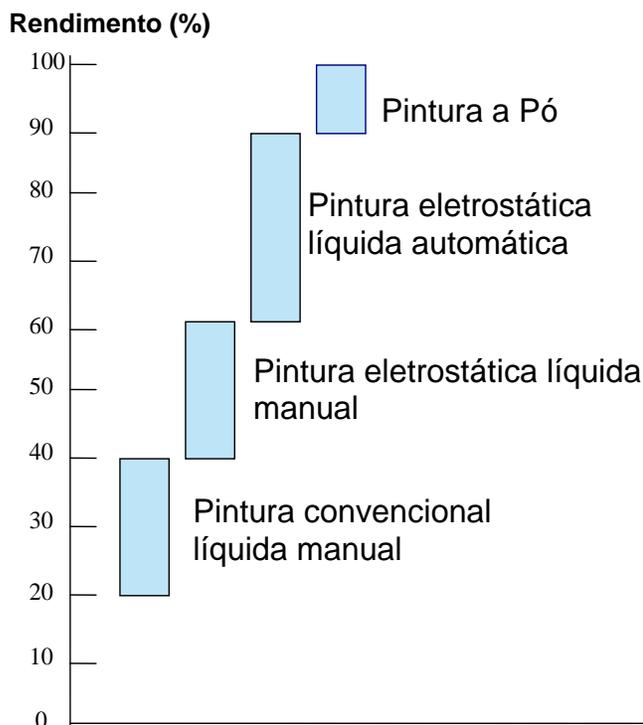
WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

exemplo: acabamento automotivo.
g) Aplicação limitada para peças muito grandes como por exemplo cascos de navio.

7.2. TINTA EM PÓ X TINTA LÍQUIDA

VANTAGENS	
PÓ	**LÍQUIDA**
• Não usa solvente • Baixos riscos de incêndio • Redução nos prêmios de seguro • Tinta pronta para uso • Baixos índices de rejeição • Aplicação em uma só demão • Processo ecológico, não gera poluente	• Tecnologia conhecida • Obtenção mais fácil de camadas finas • Trocas de cor mais rápidas • Maior variedade de cores • Sistema tintométrico

DESVANTAGENS	
PÓ	**LÍQUIDA**
• Troca de cor mais demorada • As tintas não podem ser misturadas • É difícil aplicar a tinta em camadas baixas (abaixo de 30 µm) • É muito difícil pintar partes internas de um objeto, com tinta líquida é possível através da pintura por imersão • É mais difícil pintar substrato não metálico (madeira, plástico, etc) • O aspecto do acabamento obtido com tinta em pó é deficiente para certas finalidades, como por exemplo: acabamento automotivo	• Alta dependência do petróleo • Alto custo por m^2 pintado • Necessidade de preparação (diluição) • Risco de incêndios. • Custo operacional maior • Alto índice de rejeição de peças • Necessidade de primers • Processo poluente, gera graves efluentes industriais como os solventes e as borras de tintas

COMPARATIVO DE RENDIMENTO ENTRE DIVERSOS TIPOS DE TINTAS

OBS: As faixas de eficiência são teóricas e podem sofrer alterações em função de fatores como: técnica de pintura, formulação das tintas, formato de peças, aterramento e ambiente de pintura.

IMPORTANTE:

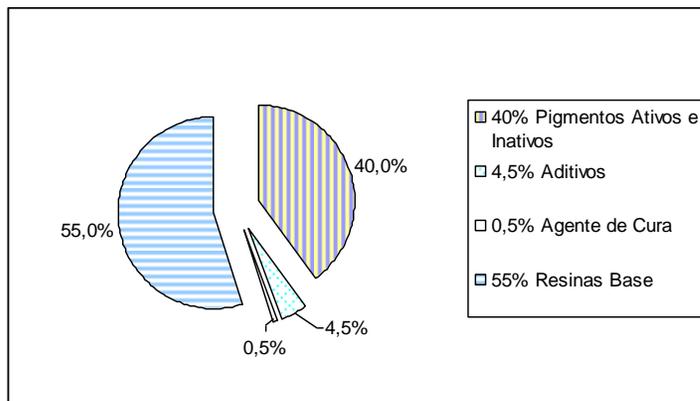
- Apesar da tinta em pó ter ganhado amplo espaço no mercado de pintura, a tinta líquida sempre terá seu campo de aplicação.
- Vale lembrar que a tinta em pó é limitada pelo fato de que ela deve ser curada, necessariamente, em estufa de cura.
- De forma geral não é possível fazer comparações das características físico-químicas entre tinta em pó x tinta líquida, pois ambas possuem características diferentes e campos de aplicações diferentes.

7.3. CLASSIFICAÇÃO DE TINTA EM PÓ

Termoplásticas: São uma classe de tintas que não passam por nenhuma transformação química durante a cura. Fundem-se de acordo com a temperatura de exposição e se solidificam com o resfriamento, permanecendo com a mesma estrutura. Apresentam características insatisfatórias como baixa resistência a solventes, alta temperatura de fusão e pequena aceitação de pigmentos.

Termoconvertíveis: Constituem a classe mais importante e mais comum. Apresentam reações químicas irreversíveis durante a cura, transformando a estrutura de linear para tridimensional, com alta resistência a solventes, excelente aderência, flexibilidade, etc.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

7.4. COMPOSIÇÃO BÁSICA DE UMA TINTA EM PÓ

7.4.1. RESINAS

A resina além de ser o constituinte que mais caracteriza a tinta, é o constituinte ligante ou aglomerante das partículas de pigmentos e responsável pela formação da película e adesão ao substrato.

A escolha da resina é muito importante, pois, é esta que determina as propriedades do tinta, controla as propriedades do filme curado e as características físico-químicas desejadas para a pintura.

As tintas podem ser à base de resinas:
Epóxi, Poliéster, Híbrido (Epóxi + Poliéster), Acrílico e Poliuretano.

a) Resina Poliéster

Recomendado para pintura de superfícies que ficaram expostas a ações de intempéries. Em condições normais, praticamente não apresenta problemas com amarelamento e sobreforneio, apresentando resistência química um pouco menor comparada ao sistema com resina epóxi.

A tinta é composta apenas por resinas poliésteres que são obtidos por meio da reação entre um poliácido com poliálcoois.

As propriedades mais importantes são:

- Excelente estabilidade ao calor e a luz;
- Excelente retenção de cor e brilho;
- Excelente resistência ao intemperismo natural (raios solares);
- Excelente aspecto de acabamento, no que se refere a brilho e nivelamento.
- Apresentam também excelente adesão e flexibilidade.

b) Resina Epóxi

Recomendado para pintura de superfícies que não ficarão expostas a intemperismo e aos raios solares, onde se requer alta resistência mecânica e química. As tintas epóxis são caracterizadas pelo uso apenas de resina epóxi resultando em revestimentos com excelente:

- Resistência química;
- Aderência;
- Dureza.

Outras propriedades podem ser agregadas, dependendo do tipo de agente de cura utilizado.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

c) Resina Epóxi + Poliéster (Híbrido)

Combinação de resinas epóxi e poliéster, que podem variar em proporções. Assim, a relação 50:50 resulta em revestimentos de ótima resistência química.

Aumentando-se a proporção de resina epóxi, o produto apresenta menor resistência ao intemperismo e ao amarelamento, porém com maior resistência química.

Em comparação, 70:30 (poliéster-epóxi) teremos uma tinta com melhor comportamento a intempérie, menor tendência ao amarelamento e resistência química inferior.

7.4.2. AGENTE DE CURA

Endurecedores / Reticulantes ou Agente de cura: Substâncias que reagem com a resina formando o polímero (TGIC ou Primid).

Catalizadores: Substâncias que são adicionadas a tinta para acelerar o processo de reação (polimerização) de formação do filme de tinta entre as resinas e o endurecedor.

O agente de cura não deve reagir à temperatura ambiente e sim a temperaturas entre 140 e 200°C.

7.4.3. PIGMENTOS

Os pigmentos são substâncias em geral pulvurulentas adicionadas à tinta para dar cor, encorpar a película ou conferir propriedades anticorrosivas. Os pigmentos devem ser inertes, resistentes à luz e ao calor.

Podem ser classificados de acordo com:

a) A natureza: em orgânicos e inorgânicos;
b) A finalidade: em tintoriais, cargas, anticorrosivos e especiais;

a) CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A NATUREZA

Pigmentos orgânicos: são utilizados com o objetivo tintorial, conferindo cor e opacidade a tinta. Caracterizam-se por ser de baixa densidade, possuir alto brilho.

Pigmentos inorgânicos: são utilizados com o objetivo tintorial, porém, podem ser usados como cargas e como anticorrosivos.

Caracterizam-se por apresentar maior densidade que os orgânicos.

b) CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A FINALIDADE

PIGMENTOS TINTORIAIS

São os pigmentos utilizados para dar opacidade e cor. Eles são adicionados às tintas para cobrir o substrato.

Os principais pigmentos deste tipo são:

Pigmentos brancos: o mais importante é o dióxido de titânio (TiO_2), sendo considerado uma matéria-prima básica na formulação de tintas.
Pigmentos amarelos, azuis, laranjas, vermelhos, violetas, pretos.

Pigmentos metálicos: o mais importante é o alumínio, que é responsável pelo aspecto metálico das

tintas.

Especiais: Algumas ligas metálicas como bronze, latão, etc. na forma de pó são utilizados para efeitos dourados ou envelhecidos.

Perolados: são adicionados para dar um tom acetinado as tintas.

Fluorescentes e fosforescentes: são utilizados em tintas para ressaltar a ação da luz e o efeito decorativo.

PIGMENTOS ANTICORROSIVOS

Estes pigmentos se caracterizam por conferir propriedades anticorrosivas à película de tinta. Também conhecidos como

Pigmentos protetores, são pigmentos metálicos presentes na tinta de fundo que promovem proteção catódica galvânica.

O zinco metálico é o pigmento usado em tintas de fundo altamente pigmentadas. O pigmento de zinco não tem a sua importância ligada a cor e sim a proteção anticorrosiva. As tintas deste tipo são chamadas ricas em zinco. Estas tintas são utilizadas em condições severas, atmosferas altamente agressivas (especialmente atmosfera marinha).

7.4.4. CARGAS

Pertencem a classe dos pigmentos, também denominados reforçantes e encorpantes, desempenham importante papel na formulação das tintas, conferindo-lhes propriedades especiais, reforçando a película, influenciam no custo final do produto, no brilho e na dureza da película, proporcionam enchimento e melhora na proteção do filme por barreira.

PRINCIPAIS TIPOS DE CARGAS

Carbonatos: os mais importantes são os carbonatos de cálcio (calcita) e o carbonato de cálcio e magnésio (dolomita).

Sulfatos: os mais importantes são o sulfato de bário precipitado e natural (barita). Possuem elevada resistência química e são recomendados em tintas de alto brilho.

7.4.5. ADITIVOS

Mesmo depois da escolha da resina, do pigmento e do agente de cura, alguns ajustes na formulação podem ser necessários para modificar as propriedades do filme curado e/ou atingir a condição ideal de aplicação e cura do produto.

Os aditivos são constituintes que aparecem de acordo com a exigência de qualidade do cliente, com objetivo de melhorar certas características ou propriedades da mesma.

Podem ser agrupados em diferentes classes, cada uma das quais se refere a determinadas propriedades a serem alcançadas ou maximizadas.

Aditivos de superfície

Os mais comuns são as **ceras sintéticas** baseadas em hidrocarbonetos, que quando adicionadas nas tintas, atuam na superfície do filme, melhorando algumas propriedades, tais como:

a) Resistência a risco.
b) Criar o efeito de textura no filme da tinta.
c) Melhorar o alastramento e evitar a formação de crateras.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Aditivos para melhorar a pulverização

Estes aditivos são constituídos fundamentalmente por sílica e óxidos de alumínio.

O uso de aditivos adequados possibilita a boa fluidez do pó, evitando a sua aglomeração. As operações de moagem e de classificação por peneira são facilitadas conseguindo-se uma melhor produtividade e eficiência. A boa fluidez da tinta em pó contribui para que a aplicação ocorra sem problemas.

Aditivos Fosqueantes (mateantes)

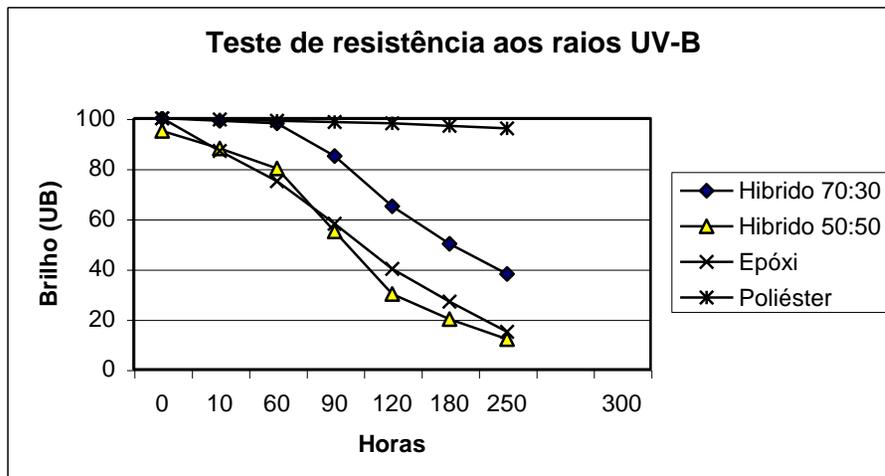
São substâncias adicionadas nas tintas em pó, com o objetivo de reduzir o brilho do revestimento. Os mais comuns são baseados em sílicas ou ceras sintéticas.

7.5. ESTABILIDADE E ARMAZENAMENTO

- A estabilidade está relacionada ao prazo de validade que é o tempo de vida útil da tinta em prateleira (até 30ºC, por 06 meses);
- Estocar o produto em local seco/abrigado e longe de fontes de calor;
- Tintas com alta reatividade (baixa cura) têm menor estabilidade em relação a temperatura ambiente;
- Tintas com umidade perdem carga eletrostática e prejudicam a fluidização.
- Raios solares diretamente na caixa prejudicam a estabilidade (maior temperatura, menor a estabilidade).
- Empilhamento Máx. 4 cx.

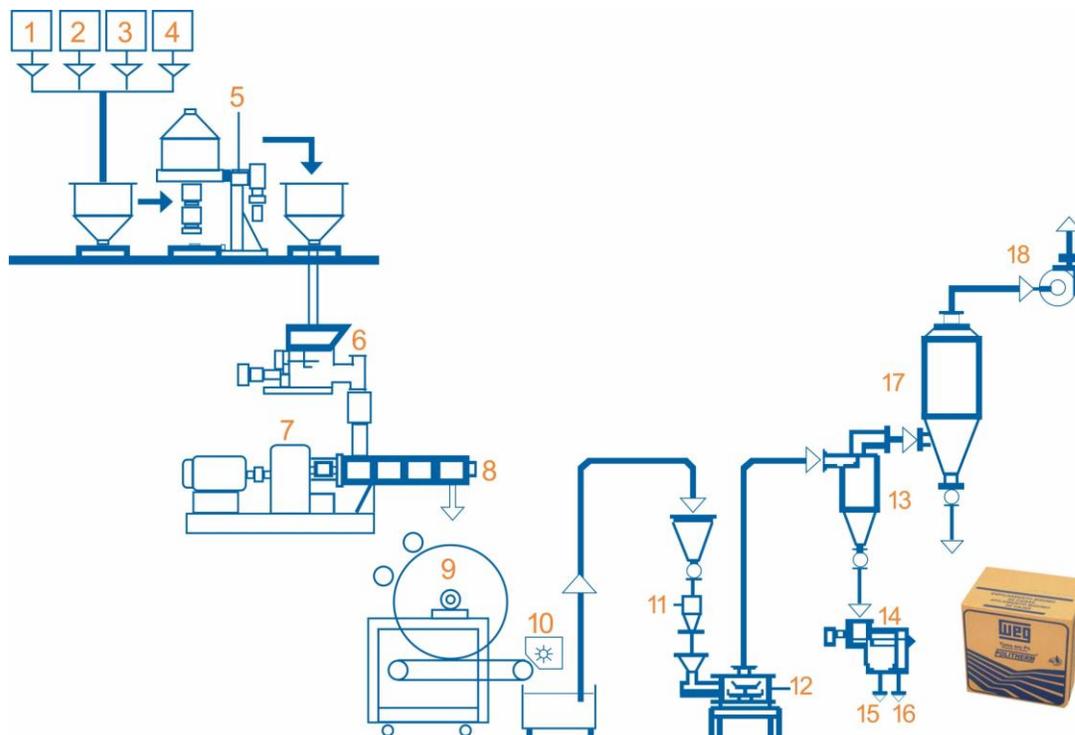
8. COMPARATIVO DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS

CARACTERÍSTICAS	EPÓXI	HÍBRIDO	POLIÉSTER
Dureza	Excelente	Bom	Bom
Flexibilidade	Excelente	Excelente	Excelente
Resistência ao intemperismo	Ruim	Regular	Excelente
Proteção anticorrosiva	Excelente	Bom	Bom
Resistência a solventes	Excelente	Bom	Bom
Aderência	Excelente	Excelente	Excelente
Estabilidade de cor com a variação da temperatura	Ruim	Bom	Excelente

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

9. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TINTA EM PÓ

A produção de tinta em pó consiste em uma série de etapas distintas: Pré-mistura, Extrusão, Resfriamento, Micronização, Classificação e Embalagem.

Para cada etapa da produção, deve ser feito um rígido controle de qualidade, pois uma vez que a tinta em pó está pronta ela já não pode ser mais ajustada.

A figura abaixo ilustra o processo de fabricação da tinta em pó.

Esquema de fabricação de tinta em pó

1 – Resinas	10 – Triturador
2 – Pigmentos	11 – Alimentador
3 – Cargas	12 – Moinho micronizador
4 – Aditivos	13 – Ciclone
5 – Misturador	14 – Peneira
6 – Alimentador	15 – Saída da tinta para embalagem
7 – Extrusora	16 – Saída da tinta para retorno ao processo
8 – Saída do material extrusado	17 – Filtro coletor de pó
9 – Esteira laminadora/resfriadora	18 – Ventilador

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

PRÉ-MISTURA

As matérias-primas, que se encontram na forma de sólidos, são misturadas em um misturador apropriado até atingirem uma homogeneização adequada.

É uma operação realizada à temperatura ambiente.

A pré-mistura deve garantir uma homogeneização perfeita a fim de se obter uma tinta em pó uniforme nas suas propriedades.

Nota: nesta etapa ocorre o ajuste de cor e demais propriedades da tinta através da retirada de pequenas amostragens do pré-mix (1 Kg) que é passada via extrusora (laboratório) para posterior aplicação de chapas e avaliação de suas propriedades.

EXTRUSÃO

A homogeneização dos ingredientes da tinta em pó, que havia sido iniciada na pré-mistura (operação anterior), é completada na extrusão. As resinas usadas em tinta em pó se fundem entre 75 e 105 °C, resultando em líquidos muito viscosos nesta faixa de temperatura.

A grande força de cisalhamento provocada pelo movimento da rosca extrusora em tal meio viscoso resulta em uma dispersão adequada dos pigmentos, cargas, resina e aditivos, conseguindo-se assim uma homogeneização eficiente.

As propriedades do revestimento são fortemente influenciadas pelas condições de extrusão: força de cisalhamento (proporcionada pelo canhão rosca da extrusora), tempo de residência do material dentro do canhão, temperaturas da extrusão, etc.

Por todos estes aspectos, é de fundamental importância a escolha da extrusora.

As extrusoras mais adequadas para a produção de tinta em pó podem ser de dois tipos:

a) uma só rosca: é dotada de movimento de vai-e-vem simultâneo e giratório.

b) duas roscas iguais.

A boa dispersão dos pigmentos e das cargas, como em qualquer tinta, é fundamental para se conseguir uma maximização do poder de cobertura, bem como uniformidade do aspecto do revestimento.

RESFRIAMENTO

O material fundido, em forma de pasta com alta consistência, necessita ser resfriado o mais rápido possível tão logo saia do canhão. Geralmente faz-se o material passar entre dois rolos resfriados com água que vão continuamente conferindo ao material a forma de uma lâmina.

Essa lâmina é depositada na extremidade de uma esteira de aço inoxidável que irá resfriá-la. No extremo oposto a extrusora, é acoplado um dispositivo que vai continuamente reduzindo a lâmina de tinta em pequenos grânulos na forma de **chips**, agora sólida, os quais posteriormente serão convenientemente micronizados.

Calandras de resfriamento

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Existem duas formas de resfriamento de acordo com o tipo de extrusora:

Extrusora com esteira longa.

Extrusora com esteira compacta.

MICRONIZAÇÃO

É uma etapa muito importante do processo, pois a curva de distribuição do tamanho das partículas moídas, também chamada de perfil granulométrico, é fundamental para a aplicação e aspecto final da película.

A moagem de sólidos é um processo mecânico no qual a redução do tamanho das partículas é conseguida através do impacto dos grânulos na superfície do moinho.

A operação de moagem, também chamada de micronização, deve permitir um controle do tamanho das partículas (granulometria) e de fluidização dentro de parâmetros preestabelecidos. Estas duas características são muito importantes para que a tinta apresente uma boa aplicabilidade, resultando no aspecto do acabamento desejado.

CLASSIFICAÇÃO E EMBALAGEM

Imediatamente após a moagem a tinta passa pelo processo de classificação por meio de peneiras rotativas ou vibratórias. As aberturas mais comuns estão entre 80 e 140 mesh (depende do tipo de tinta).

A tinta passada pela peneira é recebida diretamente nas embalagens.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

10. SEGMENTO DE MERCADO / PRODUTO

No Brasil o mercado de tinta em pó está destinado em sua grande maioria aos ramos moveleiro e eletrodoméstico, mas a **WEG** tem a disposição produtos que atendem aos mais diversos setores.

Os segmentos que mais utilizam as tintas em pó são:

ESTRUTURAS METÁLICAS

Biombos, grades para forros, estruturas metálicas, prateleiras, perfis de alumínio, elementos decorativos e de fixação para lojas, fábricas e escritórios. As características básicas são: resistência ao amarelamento, ao calor e resistência mecânica. As classes de pó mais usadas são a híbrida e a poliéster.

ELETRODOMÉSTICOS

Refrigeradores, freezers, lava-roupas, secadoras, lava-louças, aquecedores de água, fornos microondas, ar condicionado, etc. Os principais requisitos são: resistência à névoa salina, a detergentes, a água quente, a abrasão, boa dureza superficial e resistência aos riscos. As classes de pó mais usadas são: epóxi (equipamentos em constante contato com os alimentos) e híbridos (eletrodomésticos em geral).

ACESSÓRIOS AUTOMOTIVOS

Componentes de chassis, do motor e da carroceria, como rodas, molas, molduras de janelas, filtros de ar e de óleo, canos de escapamento, blocos de motor e radiadores. Os principais requisitos são: boas propriedades mecânicas e físicas como, resistência aos riscos, ao impacto, boa elasticidade, dureza, boa proteção anticorrosiva, resistência a produtos químicos e combustíveis e durabilidade ao exterior (para componentes de carroceria). As classes de pó indicadas são: a híbrida (peças não expostas às intempéries) e poliéster (peças expostas às intempéries).

MÁQUINAS E FERRAMENTAS

Equipamentos para jardinagem, máquinas agrícolas, ferramentas manuais e empilhadeiras. Os requisitos exigidos são: boa resistência mecânica e química e boa resistência às intempéries. Classe de pó usada: poliéster e híbrida.

MÓVEIS METÁLICOS

Móveis para interiores de escolas, residências, escritórios; móveis para exteriores em jardins, parques e áreas de recreio. A especificação exigida é um bom grau de resistência mecânica, resistência ao amarelamento e a umidade. A classe de pó mais indicada é a híbrida (para móveis interiores) e poliéster (para móveis exteriores).

EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Luminárias, motores, reatores, painéis elétricos. Para exteriores indica-se o poliéster e para interiores a tinta híbrida

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

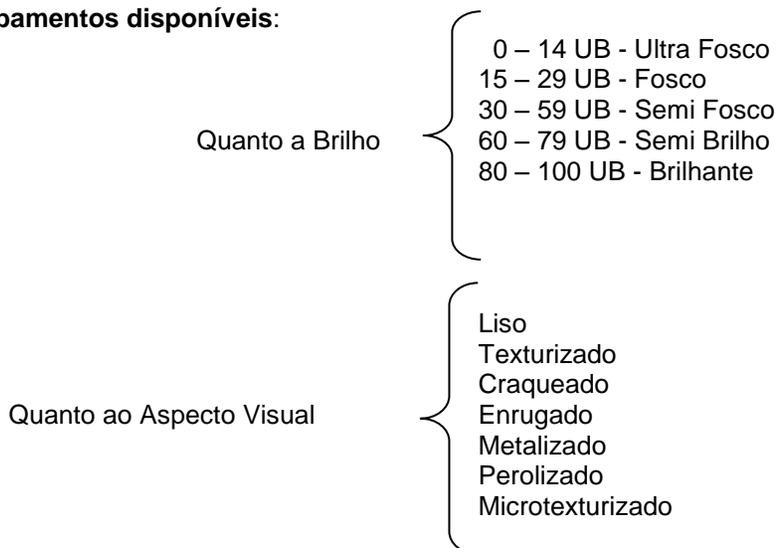
11. APLICAÇÃO

CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS PINTADAS

a) Quanto à cura: de uma maneira geral, recomenda-se, para obtenção do melhor desempenho do produto, **10 minutos a 200ºC**, considerando temperatura da peça, independente da massa ou volume.

IMPORTANTE: Quando se deseja aplicar duas camadas de tinta é necessário realizar uma **pré cura** para que a película sobreposta à primeira possa aderir firmemente. Em geral a pré-cura da primeira camada pode ser realizada entre 5 a 10 minutos a 140 a 180ºC dependendo do tipo de peça e/ou produto, depois que a segunda camada é aplicada realiza-se a cura completa a 10 minutos a 200ºC (de acordo com a especificação do produto). Caso não seja realizada a pré-cura na primeira camada de tinta, poderá ocorrer falha na adesão entre camadas, resultando em descascamento ou falta de aderência.

b) Espessura de camada de acordo com o tipo de Tinta: Filme **Liso** baixa camada 30 a 40 micrômetro
Filme **Liso** 50 a 70 micrômetro
Filme **Texturizado** 70 a 90 micrômetro

c) Acabamentos disponíveis:

CONSIDERAÇÕES QUANTO A APLICAÇÃO

Aplicações: Substratos metálicos em geral (aço, alumínio, cobre, latão, ligas diversas, chapas galvanizadas, etc). Pode ser aplicado também sobre cerâmicas (telhas) e vidro, mediante recomendação técnica.

Equipamentos Pintura: Depende exclusivamente da estrutura que o aplicador possui em termos de cabine e estufa.

Retoques e repintura: A pintura a pó após a cura, não admite retoques somente em algumas partes do objeto. Deve-se repintá-la por inteiro, reduzindo-se a tensão na pistola (aproximadamente 40 - 50 kV).

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Sistemas de Aplicação: Leito fluidizado (peça pré-aquecida)
Leito fluidizado eletrostático
Pistola eletrostática - Efeito corona
Pistola eletrostática - Efeito tribo

REGULAGEM DOS SISTEMAS DE APLICAÇÃO

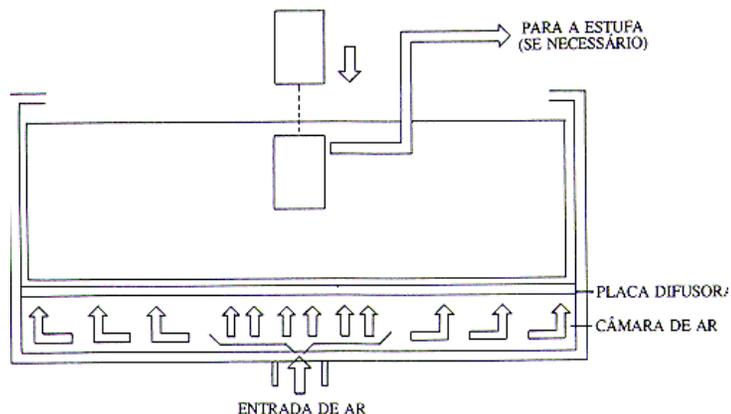
1. Pistolas Manuais Eletrostáticas:
Vazão do pó: 1,5 a 3,0 bar
Tensão Elétrica: 80 a 100 kV.
Pressão de fluidização: 5 a 10 psi
Distância pistola/peça: 15 a 20 cm
Diâmetro do defletor: Áreas grandes: Maior
Áreas pequenas: Menor.
Repintura: Reduzir a tensão para 40 - 50 kV (aproximadamente).

2. Pistolas Automáticas (Reciprocador Elétrico-mecânico)
Vazão de transporte do pó: 10 a 50 psi
Vazão de transporte do ar: 10 a 30 psi
Tensão Elétrica: 70 a 100 kV
Pressão de Fluidização: 5 a 10 psi
Distância pistola/peça: 35 a 45 cm
Posição das pistolas: Paralelas
Velocidade dos reciprocadores: Sincronizada com a velocidade da linha (monovia).
Repintura: Reduzir a tensão para 40 kV aproximadamente.

3. Pistolas Tribo
Vazão de transporte do pó: 2,0 a 3,0 bar.
Vazão do transporte do ar: 2,0 a 3,0 bar
Carga da tinta (mínimo exigido): 1,5 a 3,5
Pressão de fluidização: 5 a 10 psi
Umidade relativa do ar no ambiente: máx. 85%
Umidade do ar em contato com a tinta: 3 a 6%
Distância pistola/peça: Depende do tipo de peça.
Repintura: Reduzir as vazões de transporte entre: 1 a 1,5 bar

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

11.1. SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE TINTA EM PÓ

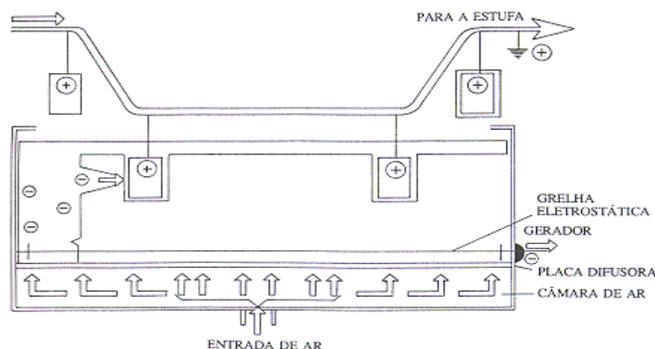
11.1.1. SISTEMA LEITO FLUIDIZADO SIMPLES (CHAPA PRÉ-AQUECIDA)

Conhecido como sistema de leito fluidizado simples. O ar, seco e filtrado, é insuflado através de uma placa porosa sobre a qual está a tinta em pó. Em uma adequada vazão de ar, o pó é suspenso, formando uma nuvem densa que se comporta como um fluido.

O objeto a ser pintado, que foi previamente aquecido à temperatura superior à de fusão do pó, é mergulhado nesta nuvem.

A tinta em contato com a superfície aquecida funde-se aderindo a peça. Para a remoção do excesso de pó a peça é submetida a um ligeiro movimento vibratório. Dependendo da geometria, capacidade térmica e espessura da peça, pode ou não haver a complementação da cura em estufa apropriada.

Equipamentos de aplicação por leito fluidizado

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

11.1.2. SISTEMA LEITO FLUIDIZADO ELETROSTÁTICO

A peça a ser pintada é aterrada, e não há necessidade de ser aquecida, pois as partículas carregadas eletrostaticamente são a ela atraídas. As partículas fluidificadas são carregadas eletrostaticamente pelos eletrodos conectados a um gerador adequado.

Este sistema permite pintar peças com geometria mais complexas que no caso anterior, possibilitando um melhor controle da camada e resultando em uma melhor uniformidade do filme de tinta.

Após a pintura é recomendado efetuar a cura em estufa seguindo a recomendação do produto.

11.1.3. PISTOLA ELETROSTÁTICA

Pistolas são equipamentos de precisão, e como tal, não podem sofrer quedas ou batidas. Modelos de pistolas e tamanhos de defletor definem a melhor característica de aplicação.

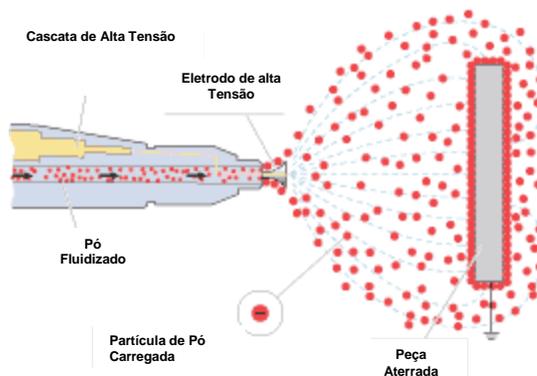
Os fabricantes de equipamentos são os responsáveis, por informar qual o modelo, tamanho de defletor e pressão de ar ideal para a aplicação, avaliando o tipo de peça a ser pintada.

A mistura ar/tinta sai pelo bico da pistola formando assim um leque, cujo tamanho e formas são reguláveis, através do posicionamento e tamanho do defletor.

A vazão do revólver não pode ser entendida pelo termo: “mais tinta, maior rendimento”, ao contrário, geralmente aumentando a vazão do revólver, o rendimento tende a diminuir. O que tem maior influência não é a quantidade de pó projetado e sim a vazão de pó ionizado plenamente.

Um bom revólver eletrostático deverá permitir o trabalho com a seguinte relação:

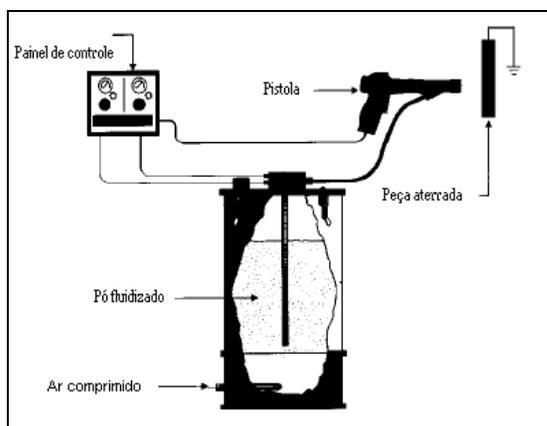
$$\frac{Pó.depositado}{Pó.projetado} = \text{mais elevada possível}$$

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Uma pistola proporciona uma pintura eletrostática quando cumprir as seguintes funções:

a) Pulverizar ao máximo o produto;
b) Transferir ao produto o máximo de carga elétrica;
c) Criar um campo de força elétrica.

Os resultados obtidos com uma pistola bem ajustada são:

- Redução do tempo de aplicação;
- Economia em consumo de tinta;
- Camada aplicada homogênea.

É aconselhável fazer manutenções periódicas na pistola de aplicação para garantir a eficiência da tensão gerada no bico da pistola.

Esquema de aplicação de tinta em pó.

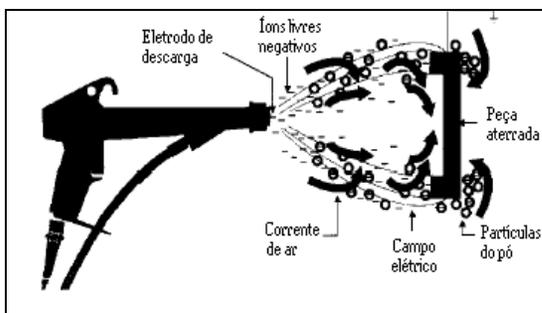
PISTOLA ELETROSTÁTICA DE EFEITO CORONA

O desenvolvimento deste sistema se deu no início da década de 1960, por fabricantes de revólveres eletrostáticos para aplicação de tinta líquida. A pulverização eletrostática foi uma das razões do grande e rápido desenvolvimento das tintas em pó.

O campo elétrico é resultante da descarga de íons gasosos na extremidade de uma fonte de alta energia elétrica. Na prática, isto é atingido mantendo-se um potencial de 20 a 100 kV nos eletrodos existentes no bico do revólver.

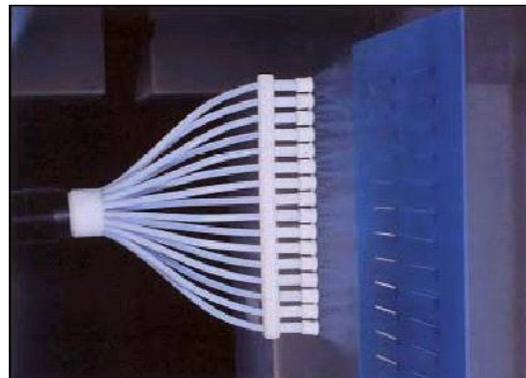
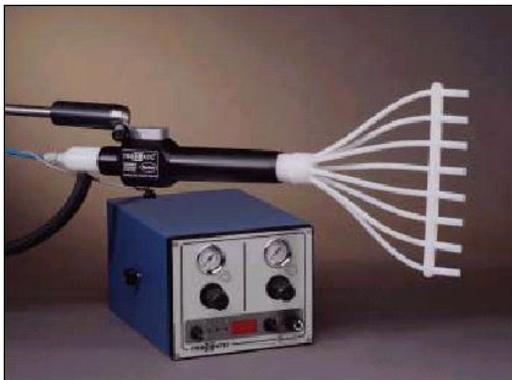
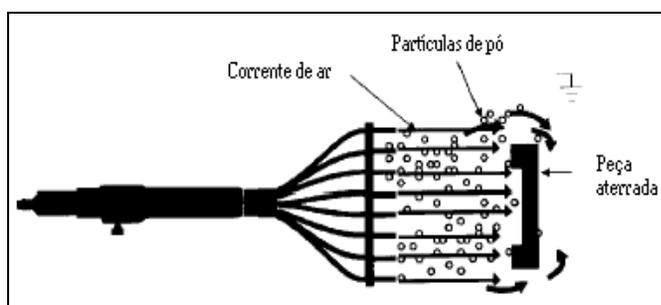
Neste processo, o potencial é garantido por um gerador elétrico que pode suprir até 100 kV e correntes elétricas baixas de no máximo 100 microampéres.

Pistola tipo corona.

As partículas com carga negativa são atraídas pela **peça** a ser pintada (pólo positivo ou neutro) numa velocidade e eficiência que dependem da intensidade do campo elétrico, pressão de ar e principalmente do aterramento.

Mecanismo da pistola efeito corona.

Equipamento de aplicação manual de tinta em pó.

PISTOLA ELETROSTÁTICA DE EFEITO TRIBO

Neste processo, as partículas adquirem carga elétrica quando são friccionadas numa superfície adequada. O princípio básico já é conhecido desde os primeiros estudos sobre a eletricidade. Quando dois materiais isolantes são friccionados um contra o outro e a seguir separados, tornam-se eletrizados com cargas elétricas opostas, isto é, positiva para um e negativa para outro.

Pistolas de aplicação manual tipo tribo

Mecanismo da pistola efeito tribo.

Na parte interna do revólver há uma superfície, na qual, as partículas são friccionadas (na maioria das vezes, confeccionada com teflon). Este material reúne uma série de vantagens para tal finalidade, é isolante elétrico, apresenta superfície lisa e sem atrito, dificultando a aderência das partículas de pó.

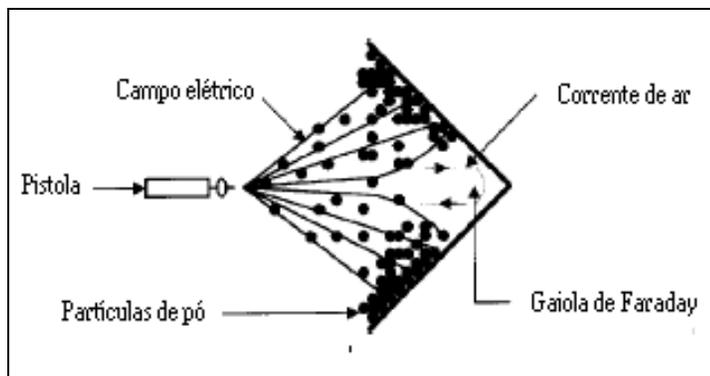
Nem todos os tipos de tinta em pó podem ser aplicados com pistola tribo, a exigência é que a tinta em pó seja um bom doador de elétrons, como por exemplo, a tinta epóxi.

As tintas para aplicação a Tribo levam aditivos específicos para se conseguir boa performance de aplicação.

11.2. COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CORONA E TRIBO

PISTOLA TIPO CORONA

- É o sistema mais utilizado em pinturas com tintas em pó (± 98 %).
- É necessária fonte de alta tensão.
- Carga resultante negativa.
- Pode gerar espessuras de camada baixa onde a própria pressão do ar remove a tinta não curada.
- Permite um bom controle da camada.
- Forma Gaiola de Faraday dificultando a pintura nos cantos e internamente.
- Pode gerar ionização de retorno.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Efeito Gaiola de Faraday.

PISTOLA TIPO TRIBO

- Não necessita de uma fonte de alta voltagem.
- Campo elétrico de baixa voltagem, em função de ser gerada por atrito (teflon).
- Carga resultante positiva.
- Não forma Gaiola de Faraday (pinta internamente e nos cantos com a pressão de ar).
- Facilidade na repintura.
- Eficiência do processo diminui com o tempo de operação, devido a deposição de pó que ocorre no compartimento interno (teflon), mesmo sendo uma superfície lisa. Perde eficiência nas aplicações contínuas.
- Não é adequado para grandes áreas, devido a baixa vazão de pó.
- O processo de eletrização depende do tipo de tinta (considerado melhor para as tintas epóxis).

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE INSTALAÇÕES PARA APLICAÇÃO DE TINTAS EM PÓ.

Sendo uma instalação de pintura de tintas em pó, um conjunto de diversos elementos, temos que admitir que, inevitavelmente a qualidade do acabamento é estritamente dependente das características deste conjunto, além logicamente, da qualidade do produto utilizado.

Portanto temos que partir do princípio que:

Produtos de baixa qualidade + instalações adequadas dificilmente proporcionarão bons resultados.

Produtos de boa qualidade + instalações inadequadas não proporcionarão, de maneira regular, bons resultados.

Um conjunto resultará em bons resultados quando a interconexão dos seus diversos elementos for perfeita, bem planejadas, tornando-se necessário, além dos cálculos teóricos, uma boa instalação das mesmas.

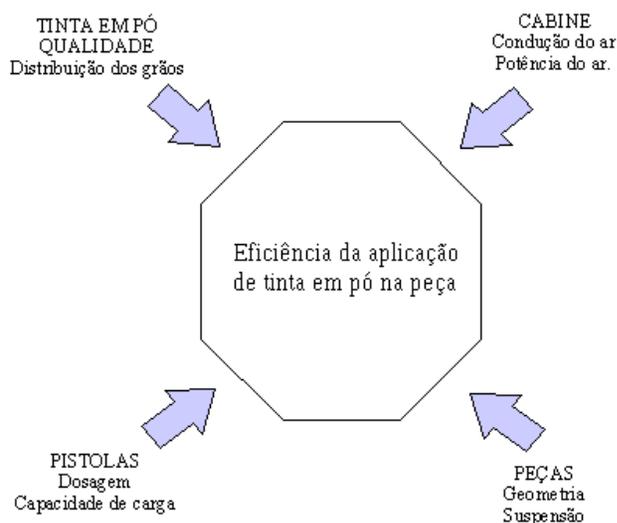
Antes de iniciar a pintura, para evitar problemas futuros, devemos definir a instalação de aplicação considerando os seguintes itens:

- Qualidade da tinta em pó.
- Tratamento de superfície adequado.
- Desempenho da rede de ar.
- Funcionamento da pistola eletrostática (tensão).
- Funcionamento do sistema de fluidização.
- Mangueiras de transporte.
- Cabine de pintura.
- Filtro de retenção do pó.
- Funcionamento do sistema de peneiramento do pó a recuperar.

Na definição das etapas acima, os itens abaixo devem ser considerados para o correto dimensionamento dos equipamentos.

- Superfície a ser pintada (m^2) - número de peças, tipo, tamanho, espessura.
- Peso das peças (forma de pendurar nos suportes).
- Tipo de material ou substrato (aço, alumínio, etc).
- Estado da superfície das peças recebidas para pintura (presença de óleo, oxidação, etc).
- Grau de qualidade da pintura exigida pelo cliente final (isenção de pontos, contaminações, impurezas...)

11.3. PARAMÊTROS DE INFLUÊNCIA NA APLICAÇÃO DE TINTAS EM PÓ

Abaixo segue alguns parâmetros que influenciam diretamente na qualidade da pintura:

LINHA DE PINTURA DE TINTA EM PÓ

Quando falamos de aplicação de tinta em pó não podemos esquecer que o processo de revestimento é geralmente baseado na aplicação eletrostática com o uso de revólveres especiais. Alguns itens devem ser considerados:

- Equipamento de aplicação eletrostática (fonte de alta tensão/pistola);
- Cabine de aplicação/ recuperação.

A condição ideal de aplicação, consiste em enviar as peças para a cabine de pintura na temperatura variando de ambiente até 60ºC. Peças quentes poderão proporcionar a perda do controle de espessura com conseqüentes irregularidades no acabamento.

Para que o conjunto possa proporcionar melhor rendimento, devemos considerar parâmetros importantes, tais como:

- Definição da quantidade horária de pó a ser utilizado;
- Número de pistolas a serem instalados;
- Existência ou não, de pontos de retoque;
- Ventilação da cabine de pintura;
- Aplicação manual ou mecânica;
- Aterramento e limpezas das gancheiras.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Não devemos esquecer que para alcançar um bom rendimento também dependemos fundamentalmente de 3 fatores importantes:

- Configuração das peças;
- Vazão de cada pistolas;
- Características do pistolas eletrostático.

As peças planas proporcionam um rendimento muito superior em relação a peças com geometria complicada (ângulos e reentrâncias).

LINHA DE AR COMPRIMIDO

O ar comprimido é usado para alimentação de todo o sistema de pintura a pó incluindo as pistolas e o tanque de fluidização. Também é utilizado durante o processo de limpeza e troca de cores.

O ar deve chegar limpo e seco à pistola, em volume e pressão suficientes (filtrado, livre de contaminações por óleos, poeiras e umidade). Para que isto ocorra, se faz necessário um conjunto de acessórios que compreende: Compressor, tubulações de diâmetro suficiente, reguladores de pressão com manômetros em bom estado de funcionamento, filtros separadores de água e óleo e mangueiras com comprimento e diâmetro adequado.

COMPRESSOR DE AR

Deve apresentar uma boa capacidade de geração de ar, suficiente para manter uma boa pressão durante o processo de aplicação.

O local de instalação do compressor deve ser:
Limpo: para evitar que a poeira venha a entupir o filtro de entrada de ar.
Seco: para evitar acúmulo de água no reservatório, causado pela umidade do ar.
Ventilado: para melhor resfriamento do cabeçote.
De fácil acesso: para facilitar sua manutenção e nivelado.

- Verificar constantemente o nível de óleo do Carter.
- Retirar diariamente a água acumulada no reservatório e filtro de ar.

TUBULAÇÃO DE AR

Deve ser de aço galvanizado com bitolas de ¾ a ½ polegada, dependendo do volume de ar necessário. Deve ser a mais direta possível para evitar perda de pressão e instalada com inclinação no sentido do compressor, para que em caso de acúmulo de água e óleo, estes retornem facilmente ao reservatório.

FILTRO REGULADOR DE AR

Instalar filtro regulador de ar em posição vertical, próximo ao pintor para facilitar a regulagem da pressão desejada. Distância mínima de 7 metros do compressor, para que o ar sofra resfriamento, e a umidade possa condensar para posterior eliminação da água no filtro.

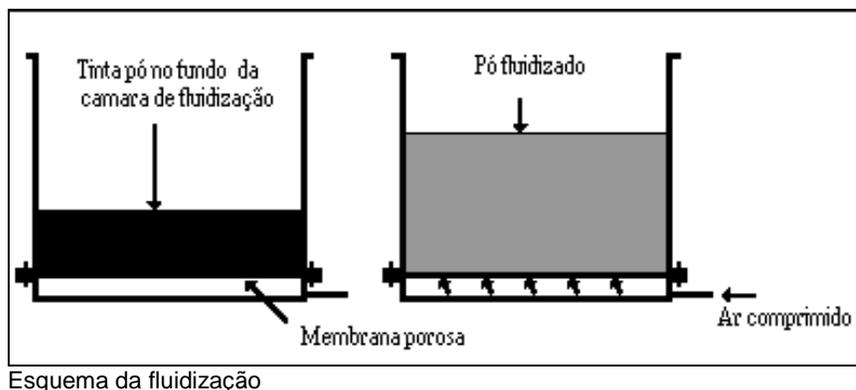
RESERVATÓRIO DE FLUIDIZAÇÃO

A fluidização deve ficar com a pressão de ar entre 5 a 10 psi. Se a fluidização estiver muito baixa podem ocorrer "golfadas" (grandes quantidades de pó saem de uma única vez pela pistola), prejudicando a uniformidade da película de tinta.

- Manter o reservatório sempre tampado.

- Evitar que a tinta “durma” de um dia para o outro na cabine, pois, esse procedimento evita que a tinta absorva umidade.

  Abaixo segue um modelo de reservatório de fluidização.

Esquema da fluidização

MANGUEIRAS E CONECÇÕES

Mangueiras com diâmetro e comprimento inadequado podem ocasionar grandes quedas de pressão. Utilizar conexões do tipo rosqueadas, pois são facilmente removíveis e evitam vazamentos de ar.

CABINAS DE PINTURA

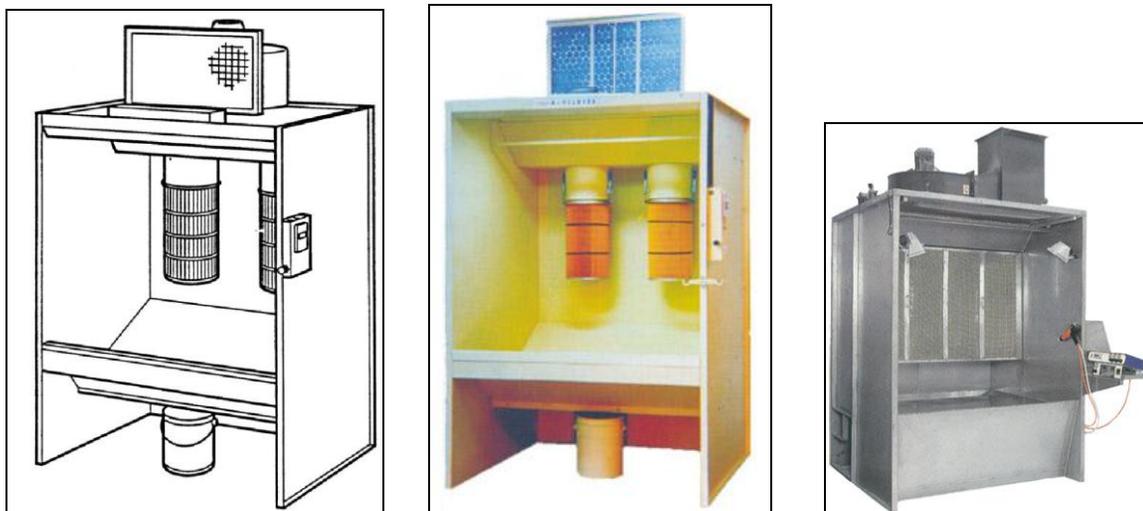
É na cabine de pintura onde se realiza o processo de pintura eletrostática. Há diversos tipos de cabine no mercado, sendo que nas mais simples o pó é aplicado por um único pintor com a peça “estacionada” na cabine.

CABINA DE PINTURA MANUAL

As **cabinas** de pintura de tinta em pó **manual** geralmente são confeccionadas em chapas de aço carbono ou aço inox. Após a aplicação, a névoa de tinta é exaurida pelo sistema de recuperação de pó integrado a cabina, sendo armazenada pelo sistema de coleta de pó em caixa tipo gaveta.

Possuem um sistema de venezianas metálicas formando um anteparo para a névoa de tinta não chegar diretamente nos sistemas de filtros tipo cartucho cilíndrico, de poliéster ou celulose. O sistema de filtragem é purgado manualmente por jatos de ar comprimido proveniente do pulmão de ar.

Podem conter um abafador sonoro, que evitará ruídos elevados do sistema de exaustão. Algumas cabinas podem conter túneis laterais para passagem de peças (entrada e saída), podendo adaptar-se a transportadores aéreos de deslocamentos manuais, possibilitando a aplicação em linhas estacionárias ou semi-contínuas. As cabinas são projetadas com pés fixos.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Cabinas de pintura estacionária com recuperação tipo cartucho

CABINAS DE PINTURAS AUTOMÁTICAS

As **cabinas** de pintura de tinta em pó **automáticas** geralmente são confeccionadas em chapas de aço carbono ou aço inox, formando um conjunto compacto e auto-sustentável.

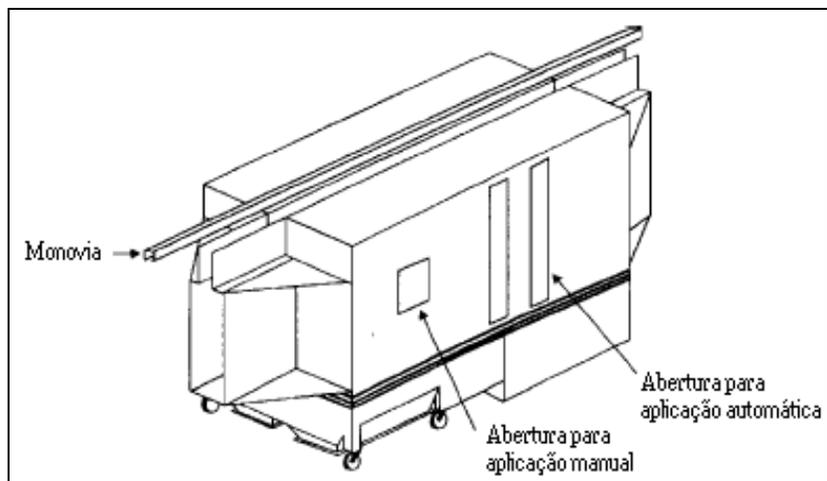
Na versão "automática com ciclone", após a aplicação, a tinta em pó pulverizada é exaurida pelo sistema tipo ciclone intermediário, onde sofrem decantação e são armazenadas pelo sistema de coleta de pó em caixa e reaproveitadas, enquanto que as partículas finas de pó são sugados pelo coletor e retidas por pós-filtros e armazenadas na caixa de descarte. Esta cabina permite a troca rápida de cor, necessitando-se apenas a substituição da mangueira de sucção e da caixa coletora de pó.

Quando fabricada com filtros tipo cartucho cilíndrico, em poliéster laváveis são purgados automaticamente por jatos de ar comprimido. Tanto o corpo da cabina quanto o sistema de ciclone e coleta de pó podem ter movimentação através de rodízios deslizantes, sendo também possível a inserção de sistemas de pinturas com reciprocadores ou osciladores para pistolas automáticas.

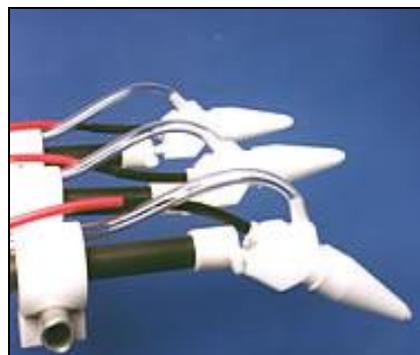
As tintas em pó aplicadas, que não foram depositadas nas peças, são direcionadas para recuperação através do sistema de coleta de pó com peneiramento automático e leito fluidizado, para posterior reaproveitamento da tinta.

A cabina é interligada com o sistema de pulmão de ar comprimido utilizado para bombeamento e transferência do pó e filtragem com purga automática.

Outra versão é a “automática flexível”, onde temos portas independentes laterais com aberturas totais, facilitando a passagem de peças, independente do comprimento delas, adaptando-se tanto para linhas contínuas quanto estacionárias.

Todo o comando e controle elétrico são realizados manualmente através de chave de partida direta, ou automaticamente pelo CLP.

Cabina de pintura eletrostática manual e automática (para sistema contínuo).

Cabina de pintura, linha contínua

Cabina de pintura contínua com aplicação automática

Bicos da pistola de aplicação automática

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Pistolas automáticas (reciprocador eletro-mecânico)

Equipamento de aplicação automática de tinta em pó

As cabinas mais comuns são as de aço (revestidas com uma pintura), polipropileno ou policarbonato. As cabinas feitas em aço inoxidável, apesar possuírem custo mais elevado, tem durabilidade maior e a limpeza é feita mais facilmente, evitando contaminações na troca de cor da tinta.

Dois pontos de fundamental importância para uma cabina de pintura são a **exaustão do pó** e **iluminação**. Uma exaustão eficiente faz com que todo pó gerado por pulverização (*overspray)* seja puxado para o sistema de recuperação do pó, assim não há perdas para fora da cabine.

A iluminação da cabina é de extrema importância, especialmente para aplicação manual, pois se o pintor não consegue ver bem a superfície que está pintando ele aplicará excesso de pó na peça ou não o suficiente para cobri-la.

SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DAS CABINAS DE PINTURA EM PÓ (FILTROS)

O sistema de filtros instalados nas cabinas de pintura tem por finalidade evitar que o pó pulverizado se espalhe pela área de pintura gerando contaminações e perdas, facilitando a recuperação do pó gerado para reutilizá-lo em mistura com o pó virgem ou descartá-lo. Para cada tipo de tinta é admitida uma porcentagem máxima de recuperação, pois, proporções maiores de pó recuperado podem causar reações indesejadas como: furos, contaminação, perda de textura, perda de brilho, etc.

Os dois sistemas mais utilizados são o sistema de recuperação do tipo ciclone e do tipo cartucho.

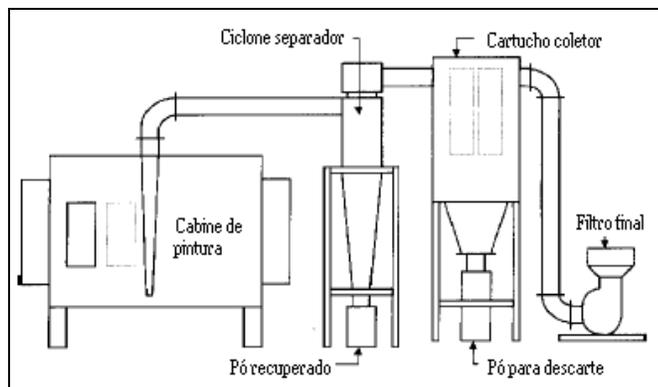
SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DO TIPO CICLONE

Neste sistema o ciclone atua separando ou classificando o pó por tamanho das partículas. As partículas com maior granulometria são coletadas pelo ciclone para serem reutilizadas e as partículas mais finas, são recolhidas para o cartucho coletor para posterior descarte.

A grande **vantagem deste sistema é a rápida troca de cor**, somente é importante adotar uma tubulação para cada cor.

A velocidade do ciclone faz a limpeza do separador que também pode ser varrido com uma vassoura comum.

Obtem-se um rendimento de 90 a 95% do pó utilizado na pintura.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Sistema de recuperação do pó tipo ciclone

Cabine de pintura estacionária com recuperação tipo ciclone ligado ao filtro manga

Cabine de pintura, linha contínua com recuperação tipo ciclone ligado ao filtro manga

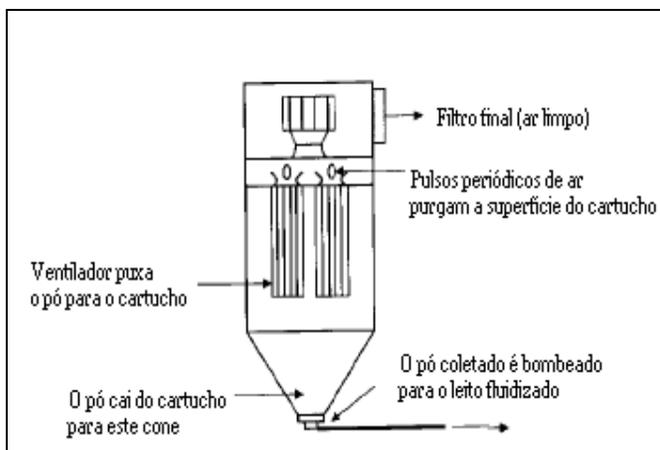
SISTEMA DE RECUPERAÇÃO POR CARTUCHO

No sistema do tipo cartucho, todo pó gerado pela pulverização durante o processo de aplicação é recolhido no filtro primário, e todo ar que passa por este filtro passa por um filtro secundário para garantir que nenhuma partícula seja lançada para o ambiente de pintura.

O filtro primário é constantemente “purgado” para desobstruir o filtro e lançar todo pó recuperado para a peneira para a retirada das impurezas e classificar o pó que será reutilizado. É sempre importante misturar o pó que será reutilizado com o pó virgem.

A vantagem deste sistema é que, dependendo do tipo de tinta, obtem-se um rendimento de 95 a

98% do pó utilizado na pintura, enquanto que no ciclone o rendimento pode variar de 90 a 95%.

No sistema de cartucho, para cada cor é necessário um cartucho, caso for feita a recuperação do pó.

Sistema de recuperação do pó tipo cartucho

Filtros de pó do tipo cartucho

11.4. REAPROVEITAMENTO DO PÓ UTILIZADO

A recuperação das tintas em pó, devem ser realizadas misturando-se o pó a ser recuperado com tintas em pó que não foram colocadas no sistema de pintura (“tinta virgem”) em proporções que irão variar de tinta para tinta.

Tintas de filme liso: misturar na proporção de 60 a 70% de pó virgem e 30 a 40 % de pó a ser recuperado.

Tintas texturizadas: misturar na proporção de 70 a 90% de pó virgem com 10 a 30% de pó a ser recuperado.

Tintas metalizadas: misturar na proporção de 80 a 90% de pó virgem com 10 a 20% de pó a ser recuperado.

As proporções citadas acima, são orientativas e podem ser alteradas de acordo com a exigência de cada cliente ou característica de cada produto.
Lembramos que proporções maiores de pó recuperado podem causar aspectos indesejados como furos, contaminação, perda de textura, perda de brilho, variação na cor e aparência do metalizado, etc.

11.5. MONOVIA

Certifique-se de que a monovia está lubrificada e que todos os rolamentos estejam em perfeitas condições de uso (paradas acidentais custam mais que a manutenção). É muito importante utilizar óleos ou graxas lubrificantes que resistam a altas temperaturas (até 300°C) e que em sua composição não contenham silicone. O vapor de silicone gerado com o calor da estufa é extremamente prejudicial, pois este gera crateras na superfície pintada.

11.6. SUPORTE DAS PEÇAS

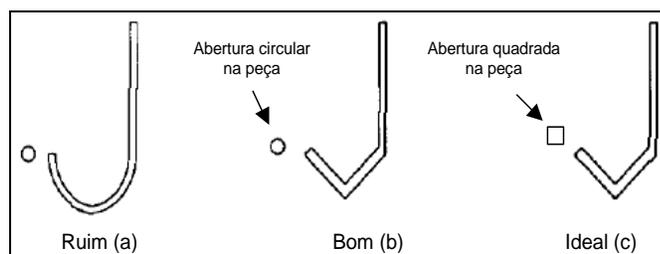
O ideal seria a utilização de suportes que não sofram aglomeração de pó, mas como isso é impossível, devemos eliminar ao máximo esta deposição de modo que a limpeza seja facilitada, especialmente nos pontos de contato com a peça.

A falta de contato entre a gancheira e a peça a ser pintada prejudicará o aterramento que poderá ocasionar um aumento no volume de tinta a ser recuperada, bem como baixo rendimento e dificuldade na aplicação (adesão da tinta pó na peça).

Portanto, a limpeza periódica da gancheira é fundamental, podendo influir positiva ou negativamente sobre a pintura final.

Há situações que ganchos universais funcionam bem, mas às vezes, um design especial pode oferecer algumas vantagens como:

- ✓ A peça se fixará melhor na gancheira, mantendo-se melhor tanto para o pré-tratamento (quando *spray)* quanto para a aplicação do pó;
- ✓ O gancho sempre terá o mesmo contato na peça, mantendo-o livre de pó, melhorando assim o aterramento.
- ✓ As peças podem se posicionar "firmemente" proporcionando melhor rendimento no consumo de tinta.

ESQUEMA DO DESIGN DE ALGUMAS GANCHEIRAS

Ganchos arredondados com abertura circular na peça é o tipo menos desejável para o contato com o pó (a). Uma abertura quadrada na peça com gancho quadrado (c) providencia um melhor contato entre a peça e o gancho, atuando melhor que o tipo arredondado.

11.7. MANUTENÇÃO DO SISTEMA PINTURA

Quando um equipamento de pintura é novo ele funciona muito bem, mas com o passar do tempo e com o desgaste o equipamento não rende como um novo. Para manter um alto nível de produção e garantir produtos de alta qualidade se faz necessário um plano de manutenção dos equipamentos.

Planejar o que deve ser feito, quem deve realizar a tarefa e dispor de recursos para a manutenção do sistema é a melhor forma de manter o sistema de pintura em perfeitas condições de uso.

Para isso alguns passos devem ser seguidos:

Quando será realizada a manutenção?
Com que freqüência deve ser realizada a manutenção?

- Determine a freqüência com que deve ser feita a manutenção para que o equipamento trabalhe no pico máximo de eficiência.

O que deve ser feito?

- Quais componentes devem ser limpos periodicamente?
- Quais componentes devem ser trocados regularmente?
- O que deve ser lubrificado?
- O que deve ser inspecionado e testado?

Quanto tempo para realizar a manutenção?

- Determine quanto tempo será necessário para a manutenção. Se for preciso, deverá ser realizada fora do turno de trabalho.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Quem irá realizar a manutenção?

- Escolha os funcionários mais capacitados para realizar a tarefa. Se necessário buscar treinamento junto ao fornecedor do equipamento.

Quais materiais e ferramentas são necessários para a manutenção?

- Tenha tudo de fácil acesso para realizar a tarefa, e certifique-se que tudo fique dentro do plano da manutenção.

12. CURA DA TINTA EM PÓ

Após a aplicação, independente do método utilizado, a tinta deve ser curada para atingir as melhores características físicas e químicas.

As peças aplicadas com tinta em pó, saem da cabine de aplicação direto para a estufa de polimerização.

Recomenda-se que a cabine de aplicação esteja localizada o mais próximo possível da estufa, evitando assim problemas com contaminação das peças pintadas.

As **principais funções** de uma estufa são:

- Realizar a fusão das resinas da tinta;
- Realizar a polimerização do sistema.

Para isto, é indispensável que a temperatura da estufa seja regulada a fim de proporcionar uma curva que se adapte a massa das peças e a velocidade do transportador, no caso de sistema contínuo.

Falhas de temperatura podem ocasionar falta de alastramento, falta de aderência, diferença no brilho, etc.

As estufas são classificadas em função de seu sistema de aquecimento:

- Radiação (infravermelho)
- Convecção (por circulação forçada de ar quente)

O sistema de convecção é o mais utilizado, porém existe uma tendência que incrementa o uso da radiação, que apresenta algumas vantagens.

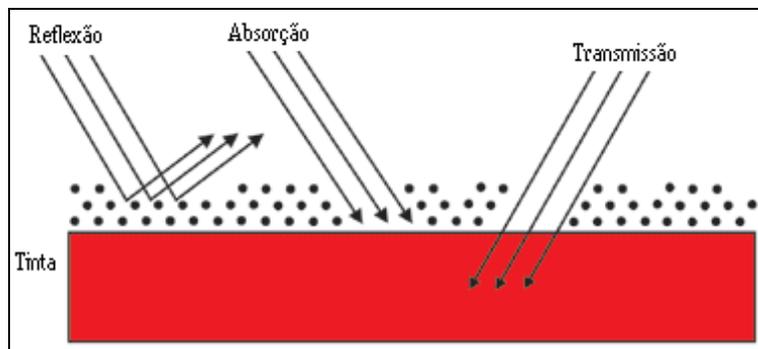
Para estufas com circulação forçada de ar é necessário uma velocidade bem controlada de ar, para evitar um arraste do pó na primeira parte da cabine e possível contaminação da estufa, além de prejudicar o acabamento da peça pintada.

A fonte geradora de calor, para se obter o ar quente, normalmente depende da localização, da instalação e da influência nos custos. Os mais utilizados são: gás (GLP e natural), óleo (diesel, térmico) e eletricidade.

12.1. ESTUFA POR IRRADIAÇÃO

Na **cura por infravermelho** a energia da radiação emitida é a responsável pela cura da tinta. Parte da energia emitida é refletida pela superfície, outra é absorvida pelo polímero e outra parte transmitida para o substrato.

A figura abaixo ilustra como funciona o processo de radiação, onde parte da energia emitida é refletida, absorvida, transmitida pela radiação.

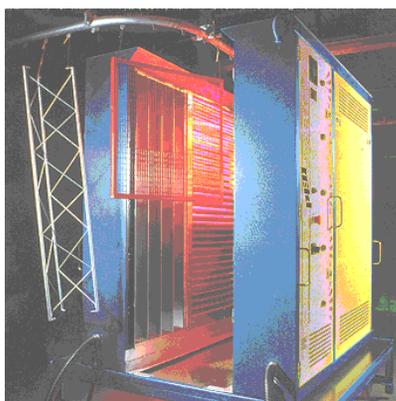
WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Devido à concentração de energia, o aquecimento é muito rápido e o tempo de polimerização do filme de tinta é muito breve.

Há casos em que a cura por infravermelho é melhor que a cura por convecção, por exemplo, em chapas muito grossas e pesadas. Em caso de diferentes peças com espessura e peso diferentes se faz necessário o ajuste constante da intensidade de radiação sobre a peça.

O uso na indústria é devido, às seguintes razões:

- Rápida transferência de calor. Pode ser utilizada como parte inicial da estufa contínua a gás para acelerar o aquecimento;
- Simples controle de temperatura;
- Ideal para automatização;
- Diminui o tempo de resfriamento em peças de massa elevada (grossas);
- Livre contaminação de produtos de combustão;
- Equipamentos compactos, economizando espaços.

PONTOS CRÍTICOS A SER CONSIDERADOS

- Custo de instalação;
- Consumo de energia;
- Formato das peças (aplicável mais a peças planas).

Estufa de cura contínua por radiação infravermelho

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

12.2. ESTUFA POR CONVECÇÃO

Na estufa por convecção geralmente é utilizado o gás como fonte de calor. Com auxílio da ventilação toda estufa é aquecida por igual, o que mantém a temperatura homogênea durante o ciclo completo de cura.

É importante manter a ventilação interna da estufa bem controlada, pois se a velocidade do ar estiver muito rápida poderá espalhar o pó pela estufa ou para outras peças, comprometendo assim todo o trabalho realizado até o momento.

O **tempo de cura** varia de um tipo de tinta para outro, sendo o **ciclo mais comum** de **10 minutos a 200ºC (a peça atingindo 200°C)**.

Atualmente, **existem tecnologias que permite a formulação de produtos que são curados em menor temperatura, chamadas tinta baixa cura** (no final desta apostila há um tópico com as vantagens da tinta em pó baixa cura).

Para estufas estacionárias e contínuas, o tempo de cura deve ser contado a partir do momento em que as peças frias atinjam a temperatura especificada (200ºC). O tempo deve ser regulado de modo que as peças permaneçam por tempo suficiente na temperatura de cura do produto.

É recomendado, a cada 6 meses, realizar uma termografagem na estufa. Este procedimento consiste em fazer uma “varredura” do calor gerado dentro da estufa, para certificar que a temperatura indicada no pirômetro seja a mesma internamente, e que a temperatura na peça esteja sendo alcançada. Com a **termografia** é possível afirmar se o ciclo de cura está sendo realizado de forma eficaz, e por conseqüência se as peças estão de fato curadas.

12.2.1 ESTUFAS ESTACIONÁRIAS

Geralmente são fabricadas em chapas de aço galvanizado, formando um conjunto monobloco com isolamento de alta eficiência, obtendo-se retenção do calor gerado e redução na troca com meio ambiente. A estufa estacionária pode ser fornecida com aquecimento elétrico, a gás GLP (gás liquefeito de petróleo) ou GN (gás natural) com trocador de calor. A circulação do ar é forçada, tornando homogênea a temperatura interna.

As peças aplicadas são colocadas em carinhos transportadores e direcionadas para o interior da estufa, somente após atingir a temperatura determinada no pirômetro, de acordo com o resultado da termografagem. As peças são mantidas na estufa por um período suficiente para que a temperatura seja mantida de acordo com o período de tempo e temperatura recomendado para a cura da tinta (geralmente 10’ a 200ºC).

Estufa de cura estacionária a gás

12.2.2 ESTUFAS CONTÍNUAS

As estufas contínuas podem ser desenvolvidas de acordo com os mais variados processos e projetos fabrís, tendo como modelos estufas contínuas no piso ou contínuas elevadas. Geralmente são confeccionadas em chapas de aço galvanizadas. Possuem a sua estrutura interna em perfis e painéis modulares com isolamento térmico de alta eficiência, obtendo-se retenção do calor gerado e redução na troca com meio ambiente.

Através de sistemas de distribuição de ar forçado e cortinas de ar para retenção do ar quente na entrada e saída da estufa, garante-se uma excelente homogeneidade da temperatura interna da estufa. Fornecidas com sistemas de aquecimento direto ou indireto através de gás GLP (gás liquefeito de petróleo) ou GN (gás natural), eletricidade ou óleo diesel.

Todo o comando, controle elétrico e de temperatura são realizados automaticamente por um quadro (CLP). O controle da velocidade do transportador aéreo, quando montado em conjunto, é realizado por inversor de freqüência, incluso no painél de comando da estufa.

As peças são penduradas para aplicação em monovias ou transportadores. Após a aplicação ou pintura seguem penduradas para o interior da estufa, somente após atingir a temperatura determinada no pirômetro, de acordo com o resultado da termografagem.

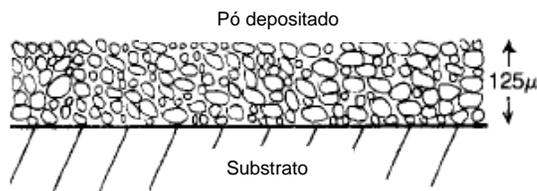
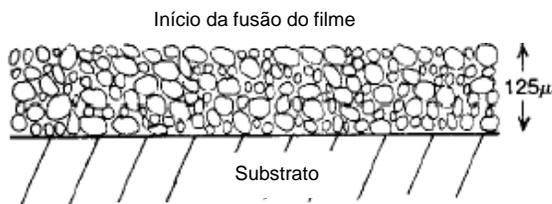
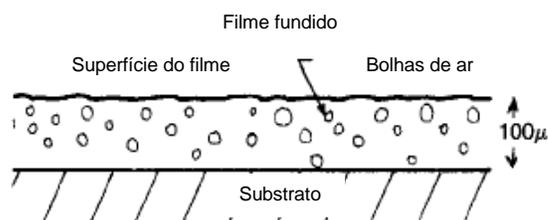
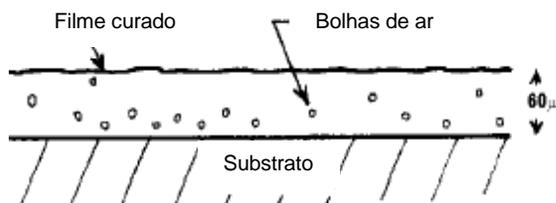
Deve ser efetuado um controle rigoroso da velocidade do transportador, de modo que as peças permaneçam na estufa por um período suficiente para atingir a temperatura e tempo recomendado de cura da tinta (geralmente 10’ a 200ºC – temperatura na peça).

Estufa de cura contínua a gás

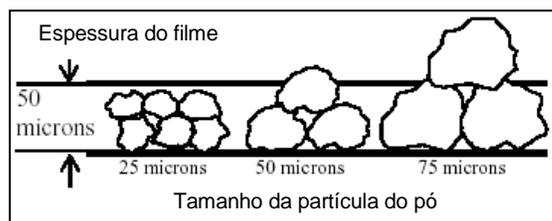
12.3 MECÂNISMO DE FORMAÇÃO DA PELÍCULA

O mecanismo de formação da película da tinta pode ser visualizado nas figuras abaixo.

a) A camada heterogênea de pó é depositada, formando uma estrutura irregular temporária.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

b) Com o aquecimento ocorre a polimerização inicial, fundindo as partículas mais adjacentes à superfície.

c) As partículas do polímero começam a se alastrar, enquanto o ar sobe para a superfície. Se o filme ainda não estiver curado, muitas destas bolhas de ar podem gerar falhas na pintura, dependendo do ciclo de cura.

d) Se a polimerização for muito rápida, algumas bolhas de ar podem permanecer no filme.

Relação entre a granulometria do pó e a formação do filme durante o processo de aplicação

Para facilitar a formação de uma película de tinta não porosa, o pó depositado durante a aplicação deve ser densamente "empacotado" na superfície a ser recoberta.
Isso irá garantir que alguns defeitos de superfície sejam evitados:
cavidades, formação de "vazios", pontos de agulha e efeito casca de laranja.

A importância da relação entre a granulometria do pó e a espessura do filme de tinta após a cura é apresentada na figura abaixo. A figura abaixo mostra a dificuldade de se alcançar uma camada de 50 microns com partículas maiores que 50-75 microns (a menos que o polímero tenha um excepcional alastramento).

Relação entre o tamanho da partícula e espessura do filme.

13. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade em tintas é executado conforme metodologia definida e nas condições fixadas em normas de uma ou mais das entidades abaixo relacionadas:

B Brithish Standards
NBR Normas Brasileiras Registradas
ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
BR Petróleo Brasileiro S.A.
ASTM American Society for Testing and Materials
FTMS Federal Test Method Standards
DIN Deustche Institute Für Norming

13.1 TESTE NA TINTA EM PÓ

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Existem diversos métodos para determinar o perfil granulométrico de tintas em pó. A distribuição do tamanho de partículas pode ser expressa em termos de diâmetro, área, volume, peso etc.

Atualmente o método que fornece respostas mais rápidas e precisas é realizado com o auxílio de equipamentos eletrônicos. Um dos mais comuns é o que emprega a difração de raios laser em uma suspensão de pó, num determinado meio líquido ou gasoso (ar).

REATIVIDADE

Controlada por determinação do tempo de geleificação (*gel-time*). Uma determinada quantidade de pó é colocada sobre uma placa aquecida a uma especificada temperatura (180°C). Por meio de uma espátula e de um cronômetro é determinado o tempo de gel, ou seja, o tempo necessário para o amolecimento do pó e o início da polimerização. Este tempo é expresso em segundos.

ESTABILIDADE (NBR 5830/76)

Uma amostra de tinta em pó, colocada em recipiente fechado, é mantida durante uma semana a uma temperatura de 40 °C. O “*gel-time*” é determinado antes e depois do teste e a diminuição do tempo indica que a estabilidade diminui com a estocagem do produto a temperaturas elevadas. Com o produto em teste também é pintada uma chapa e avaliada a influência do teste nas suas propriedades como: alastramento, brilho e propriedades mecânicas.

Observa-se também a compactação do pó após o período de testes.

FLUIDIZAÇÃO

Teste de fluidização do pó através do aparelho fluidímetro.

PESO ESPECÍFICO

É o volume ocupado por uma determinada massa em um determinado volume. O peso específico influi diretamente na fluidização e no rendimento da tinta em pó.

TESTES NA TINTA EM PÓ APÓS A CURA

BRILHO (ASTM D-523-57)

É medido pelo equipamento Gloss Meter (Gardner). O painel de teste é exposto a uma fonte de luz que incide sobre o painel em ângulos pré-determinados. A porcentagem de intensidade da luz refletida é medida por meio de uma fotocélula, que converte o resultado em unidades de brilho (UB). Estas medições

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

podem ser feitas somente em superfícies planas.
Nota: Em tintas de aspecto metálico, não se recomenda à medição de brilho.

EMBUTIMENTO (Norma DIN 53156)

O aparelho normalmente usado é o Erichsen. Um segmento esférico é prensado no verso do painel pintado e a deformação continua lentamente até a ruptura do filme (camada de tinta), e o resultado é expresso em milímetros de deformação. Este teste de embutimento proporciona a avaliação da adesão e flexibilidade da tinta em relação ao substrato.

ADERÊNCIA (ASTM D-2197)

O teste mais difundido atualmente consiste em se riscar a película em uma série de pequenos quadrados, sendo o mais comum riscar quadrados de 1 (um) a 2 (dois) milímetro de lado.

Examina-se então o risco para constatar qual a proporção de película que foi removida após aplicação de uma fita adesiva. Consiste em se determinar o grau de adesão da película ao substrato.

Há três métodos usuais para este ensaio: o ensaio de corte em grade, o ensaio de tração e o ensaio de corte em X.

TIPOS DE TESTE DE ADERÊNCIA (Norma NBR 11.003)

Método do corte em X e teste quadriculado de acordo com a espessura da película da tinta.

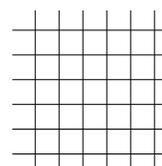
ESPESSURA DA PELÍCULA SECA (µm)	MÉTODO DE ENSAIO
Menor ou igual a 125	Corte em grade
Acima de 125	Corte em "X"

MÉTODO DE CORTE EM GRADE

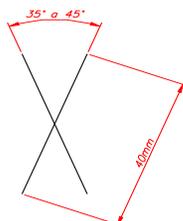
Efetuar, com auxílio do estilete e gabarito ou aparelho cross-cut-tester (CCT), cortes cruzados em ângulo reto, de modo a alcançar o substrato, formando-se grade de 25 quadrados. Cada corte deve ter um comprimento de 20 mm.

Os cortes devem ser efetuados num único movimento, contínuo e uniforme com velocidade de 2 a 5 cm/s, devendo a lâmina estar posicionada num ângulo de aproximadamente 45º com a superfície.

A distância entre os cortes está estabelecida na Tabela abaixo.

ESPESSURA DA PELÍCULA SECA (µm)	NÚMERO DE CORTES		DISTÂNCIA ENTRE CORTES (mm)
	ESTILETE	AP. CCT	
Menor que 50	6	11	1,0
entre 50 e 125	6	8	2,0

CORTE EM GRADE

MÉTODO DE CORTE EM "X"

Efetuar, com auxílio do estilete e gabarito, dois cortes com um comprimento de 40 mm cada, interceptados ao meio, cujo menor ângulo deve ter entre 35 e 45º. Os cortes devem alcançar o substrato em apenas um movimento uniforme e contínuo, devendo a lâmina estar posicionada num ângulo de aproximadamente 45º com a superfície.

No teste deve ser utilizado aplicação de fita filamentosa para teste de aderência, semi transparente de alta performance com 25 mm de largura na região do corte (fornecedor 3 M).

Importante: A norma NBR 11003 não menciona detalhes quanto ao resultado do teste de aderência quanto a aprovado ou rejeitado. Este valor deverá ser acordo em um procedimento de inspeção.

Nas tabelas abaixo, podemos verificar a classificação da interpretação dos testes de aderência das tintas de acordo com a norma NBR 11003 sobre destacamentos na intersecção e ao longo das incisões dos testes de corte em X em grade.

DESTACAMENTO NA INTERSECÇÃO DO CORTE EM "X"	
CÓDIGO	**FIGURA**
Y0 Nenhum destacamento na intersecção	
Y1 Destacamento até 2 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	2 mm
Y2 Destacamento até 4 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	4mm
Y3 Destacamento até 6 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	6 mm
Y4 Destacamento acima de 6 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	

DESTACAMENTO AO LONGO DAS INCISÕES DO CORTE EM "X"	
CÓDIGO	**FIGURA**
X0 Nenhum destacamento ao longo das incisões	
X1 Destacamento até 1 mm ao longo das incisões	1mm
X2 Destacamento até 2 mm ao longo das incisões	2mm
X3 Destacamento até 3 mm ao longo das incisões	3mm
X4 Destacamento Acima de 3 mm ao longo das incisões	

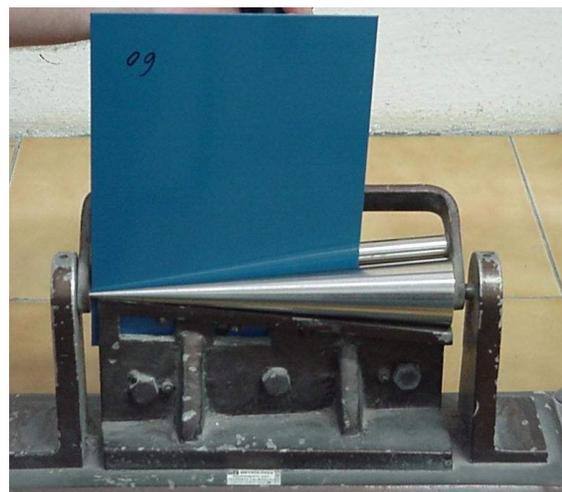
DESTACAMENTO NA ÁREA QUADRICULADA	
CÓDIGO	**FIGURA**
Gr 0 Nenhuma área da película destacada	
Gr 1 Área da película destacada, cerca de 5% da área quadriculada	
Gr 2 Área da película destacada, cerca de 15% da área quadriculada	
Gr 3 Área da película destacada, cerca de 35% da área quadriculada	
Gr 4 Área da película destacada, cerca de 65% da área quadriculada	

RESISTÊNCIA AO IMPACTO (ASTM D 2794/69)

Na deformação violenta, causada no filme pela caída de um determinado peso em uma determinada altura, pode-se observar geralmente o poder de adesão, a elasticidade e o grau de cura do filme. Normalmente um filme não bem curado (falta de tempo na estufa ou temperatura baixa) proporciona não somente fissuras no filme, mas também "desplacamento" (descascamento).

Normalmente o resultado é avaliado no lado oposto ao que teve o contato com o peso.

FLEXIBILIDADE (ASTM D522- 93)

O painel pintado é dobrado sobre mandril cônico e imediatamente é observado a ocorrência ou não de fissuras ou descascamento. Eventuais defeitos observados numa distância de aproximadamente 5 mm da borda do painel, não serão considerados.

RESISTÊNCIA À UMIDADE (ASTM D 2247-94)

O painel de teste é colocado numa câmara úmida com temperatura de 40 °C e 100% de umidade relativa. Após 500 horas é realizada avaliação no painel e normalmente não se observam alterações.

RESISTÊNCIA A SO_2 (Kesternich) (DIN-50018)

Como no teste anterior, o painel é colocado numa câmara úmida com temperatura de 40°C e umidade relativa de 100% com o ambiente saturado em SO_2 (dióxido de enxofre). O ciclo do teste tem duração de 24 horas. Após 8 horas a câmara é aberta e deixada à temperatura e umidade relativa ambiente, durante 16 horas, iniciando então o outro ciclo. Normalmente 10 ciclos não apontam alteração.

TESTE DE RESISTÊNCIA A NÉVOA SALINA ("*Salt Spray*") (ASTM B-117-64)

O painel pintado tem o seu filme cortado (até o substrato) em forma de X, é exposto numa câmara úmida a uma temperatura de 40ºC com ação de uma névoa salina (solução a 5% de NaCl). Esta solução é pulverizada dentro da câmara, por um bico atomizador. A atomização da solução pode ser em modo contínuo ou em ciclos. O tempo de teste também pode variar de acordo com as especificações. Normalmente para tintas em pó, após 500 horas não são registradas alterações em relação ao estado original do painel, porém, após tempos prolongados de exposição, o resultado é expresso medindo-se, em milímetros, a penetração da corrosão nas imediações do corte praticado no filme de tinta.

IMERSÃO (ASTM D-870-54)

Neste teste simplesmente deixa-se o painel pintado em imersão em água (potável ou destilada) durante um período mínimo de 1.000 horas à temperatura ambiente. Nenhuma alteração em relação ao estado original do painel deverá ser observada.

13.2 RENDIMENTO TEÓRICO DE TINTA EM PÓ

Para o cálculo do rendimento teórico de tinta em pó a seguinte relação deve ser obedecida:

$$R = \frac{1000}{C.Pe} = \text{m}^2/\text{Kg}$$

Em que:

C = camada em microns

Pe = peso específico em g/cm^3

R = rendimento

Por exemplo: uma tinta sendo aplicada com camada de 50 microns:

Pe = 2,0 → R = 10 m²/Kg
Pe = 1,6 → R = 12,5 m²/Kg
Pe = 1,3 → R = 15,38 m²/Kg

Com isso podemos concluir que para uma mesma camada de tinta, quanto menor o peso específico do pó maior será o rendimento. Para o rendimento prático deve-se levar em consideração a porcentagem do pó recuperado e também as perdas durante a aplicação da tinta que estão relacionadas ao formato e disposição das peças e condições dos equipamentos de aplicação.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

14. CAUSAS E SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS DE APLICAÇÃO COM TINTA PÓ

O primeiro passo na solução de qualquer problema com relação a tintas é identificá-lo corretamente e, em seguida, determinar sua causa. A possibilidade de haver mais de uma causa contribuindo para um único defeito não deve ser descartada. As propostas corretivas para os defeitos apresentados podem não ser específicas de um determinado defeito, devido a particularidade da manufatura ou restrições relacionadas ao desempenho do produto.

A combinação de várias soluções (duas ou mais alternativas) normalmente é mais eficaz, pois os efeitos são mais facilmente eliminados dessa maneira. Ao se perceber que a falha persiste após a aplicação da solução indicada, deve-se retornar à fase de identificação (diagnóstico), observando-se os seguintes pontos:

- Se a identificação do defeito foi correta
- Se todas as causas prováveis foram consideradas
- O uso dos materiais corretos (lotes de tinta e tipos)
- Qual o substrato empregado

Muitos problemas podem ser evitados se alguns procedimentos forem seguidos e se for dada devida atenção ao trabalho realizado. Entretanto, algumas complicações podem surgir devido a imperfeições em algum estágio do processo de aplicação da tinta em pó. Esses problemas podem estar relacionados ao pré-tratamento, a recuperação do pó ou a utilização incorreta dos equipamentos de aplicação da tinta. Essas complicações podem influenciar negativamente o processo de aplicação e a qualidade da pintura final.

IMPORTANTE: *Todas as instruções de operação e manutenção dos equipamentos relacionados com o processo de pintura devem ser seguidos para evitar complicações na pintura.*

Os quadros seguintes apresentam algumas causas e soluções para os problemas de aplicação com tinta em pó.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

14.1. CAUSAS E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS COM TINTA PÓ

DEFEITO	IDENTIFICAÇÃO	ORIGENS	CORREÇÕES
Micro-Fervura ou Ponto de agulha	Presença de várias micro-bolhas que aparecem em parte ou em toda a superfície pintada.	1) Presença de umidade e/ou óleo na linha de ar comprimido. 2) Aplicação sobre superfícies úmidas. Umidade no substrato sob efeito do calor passa ao estado de vapor, pressionando o filme de tinta. 3) Tinta formulada inadequadamente para aplicação 4) Espessura de tinta muito alta. 5) Presença de umidade na tinta.	1) Após a cura, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar seguindo a especificação técnica. 2) Verificar se as peças estão devidamente secas antes da pintura 3) Corrigir a aplicação quanto às espessuras de camada. 4) Verificar se as caixas estão armazenadas em locais adequados. 5) Verificar o equipamento de desumidificação e filtros de óleo do sistema de ar comprimido. 6) Solicitar avaliação da tinta e lote junto ao fabricante.
Empolamento ou Bolhas	Formação de bolhas ou vesículas contendo sólido, líquido ou gás. Após determinado período da execução da pintura.	1) Formação de bolhas pelo processo de osmose, devido a presença de sal na superfície. 2) Variação na espessura do filme de tinta (pontos abaixo do recomendado), diminuindo a barreira de proteção. 3) Superfície mal preparada ou oleosa. 4) Excesso de umidade no substrato ou ambiente. 5) Pré tratamento e limpeza deficiente. 6) Tratamento de superfície próximo orla marítima (Maresia)	1) Após a cura, lixar as partes afetadas removendo a imperfeição, preparar a superfície e repintar. 2) Se necessário remover tudo. 3) Melhorar a limpeza superficial. 4) Eliminar a umidade no substrato. 5) Verificar como esta o controle dos banhos do sistema de tratamento e produtos químicos. 6) Rever o tipo de tratamento adotado quanto a sua eficiência anticorrosiva.
Escorrimento	Em superfícies verticais após a cura, no filme da tinta surgem acúmulos ou pontos em forma de onda ou gotas.	1) Inabilidade do Pintor 2) Geometria da peça que favorece a forçar a aplicação gerando excesso de camada. 3) Excesso de camada. 4) Temperatura da estufa muito elevada.	1) Após a cura, lixar as partes afetadas removendo a imperfeição, preparar a superfície e repintar. 2) Se necessário remover tudo. 3) Treinamento do Pintor. 4) Aplicar espessuras conforme recomendação. 5) Avaliar a temperatura da estufa através de termografagem.
Pó não aderindo na peça	Durante a aplicação a tinta bate na peça não aderindo, gerando mais tinta para ser recuperada.	1) Inabilidade do Pintor. 2) Problema na regulagem da tensão eletrostática do aparelho de pintura (baixa tensão). 3) Aplicação com tinta recuperada. 4) Problema de aterramento das peças e / ou da linha. 5) Problema gerado apenas no processo de repintura.	1) Efeturar treinamento para o pintor. 2) Reposicionar a pistola de pintura numa distância de 15 a 20 cm de distância da peça. 3) Controlar a tensão de acordo com a aplicação: • Peça nova: 80 – 100 KV • Recuperada: 40 – 50 KV 4) Verificar se não foi rompido o cabo de aterramento. 5) Verificar se as gancheiras estão devidamente limpas e com bom contato com as peças a serem pintadas. 6) Comparar o lote reclamado com outro lote de estoque ou anterior. 7) Trocar a pistola para checar.

Contaminação ou Pontos	O filme de tinta apresenta pontos de impurezas dispersos no filme da tinta após o processo de cura.	a) Pessoal limpando peças com ar comprimido próximo da cabine de aplicação. b) Sujeira no transportador. c) Contaminação com outros tipos de pó contaminante presentes no ambiente fabril. d) Resíduos de pó na estufa. e) Sujeira no ar comprimido. f) Limpeza de cabine, filtros e mangueiras com ar comprimido próximo da cabine. g) Troca de cor com limpeza deficiente.	a) Limpar transportador periodicamente e usar graxa para alta temperatura. b) Utilizar uma calha para se evitar que se caia sujeira do transportador sobre as peças. c) Limpar toda a área de aplicação. d) Limpar a estufa periodicamente. e) Verificar a mistura de ar e gás do queimador para se evitar formação de fuligens (combustão incompleta do gás). f) Verificar os filtros de retenção de partículas do sistema de ar comprimido. g) Nas trocas de cor em uma mesma cabine limpar as paredes da mesma com pedaços de tecidos (ar comprimido e pano úmido). h) Utilizar um jogo de filtros e um jogo de mangueiras para cada cor. i) Evitar corrente de ar no ambiente de aplicação.
Falta de Aderência	Descascamento parcial ou total do filme de tinta do substrato. Consiste na perda de aderência entre a película e o substrato ou entre demãos.	1) Superfície mal preparada, contaminada com gorduras ou partículas sólidas soltas. 2) Tempo de cura inadequado ao produto (pouca cura). 3) Descascamento apenas em peças com repintura 4) Falha apenas na 2ª demão ? 5) Contaminação da superfície a ser pintada após a limpeza 6) Contaminação da superfície entre demãos de tintas. 7) Espessura de camada de tinta muito acima do especificado. 8) Presença de borra do banho de fosfatização.	1) Melhorar a limpeza superficial 2) Rever tempo e temperatura de cura através de termografagem. 3) Aumentar o tempo de permanência da peça dentro da estufa e se necessário a temperatura da estufa. 3) Eliminar partículas sólidas soltas. 4) Verificar se não esta ocorrendo cura excessiva prejudicando a aderência entre demãos. 5) Rever possíveis pontos de contaminação durante o manuseio da peça 6) Verificar junto ao fornecedor de tintas, quanto ao processo de repintura, pois, alguns produtos apresentam melhor desempenho em dupla camada com a pré cura a temperaturas mais baixas. 7) Verificar como esta o controle dos banhos do sistema de tratamento e produtos químicos (remover o excesso de borra).
Perda de brilho **(Calcinação)**	Envelhecimento superficial das pinturas resultando no seu branqueamento (engizamento - chalking) ou perda de brilho.	1) Degradação da resina das tintas sob o efeito dos raios solares (Tintas Epóxi e/ou Híbridas). 2) Falha no processo de cura (pouco tempo e temperatura), mesmo aplicando-se tintas a base de resina Poliéster.	1) Aplicar tintas de formulação adequada para resistir à ação de raios ultravioleta (sol) e as intempéries, a base de resinas poliéster. 2) Rever tempo e temperatura de cura através de termografagem. 3) Efetuar teste de cura na tinta avaliando o filme após estufa.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Diferença de Tonalidade	Manchas na superfície, apresentando cores diferentes.	1) Aplicação de tinta em peças que trabalham em contato com temperaturas variáveis. 2) Variação na temperatura interna da estufa durante o processo de cura. 3) Utilização de tintas ou vernizes, com baixo poder de cobertura. 4) Variação na camada de tinta aplicada. 5) Cura de peças de diferentes massas no mesmo forneio.	1) Se necessário remover totalmente o filme aplicado 2) Verificar se a temperatura da estufa esta adequada em relação à especificação. 3) Conferir as espessuras do filme aplicado. Alguns produtos (vernizes) em variações de camada podem apresentar variação na cor. 4) Realizar a termografagem da estufa verificando como esta a distribuição interna de calor dentro da estufa. 5) Peças localizadas próximas a pontos de maior calor. 6) Evitar forneio de peças de diferentes massas ao mesmo tempo.
Casca de Laranja	Irregularidade do filme de tinta aplicado, lembrando o aspecto de casca de laranja (filme não uniforme, micro relevos)	1) Camada de tinta abaixo do especificado. 2) Tempo de subida da temperatura da estufa muito longo. 3) Peças pintadas sendo colocadas na estufa com a temperatura ambiente (forno frio). 4) Regulagem da Tensão de aplicação muito alta.	1) Se necessário remover totalmente o filme aplicado. 2) Treinamento do Pintor, orientando para aumentar a espessura de camada, efetuando a medição com medidores de espessura. 3) Reajustar o equipamento de aplicação (tensão, vazão). 4) Verificar a eficiência da estufa, e se não esta levando muito tempo para atingir a temperatura recomendada. 5) Consultar fabricante quanto ao desempenho do produto.
Oxidação Prematura	Manchas de oxidação vindas do substrato	1) Insuficiência de espessura camada. 2) Peça jateada sem controle do perfil de jato. 3) Contaminação com granalha de aço. 4) Aplicação de espessura de camada irregular, com pontos abaixo da especificação. 5) Pontos de oxidação nas áreas de quina da peça (canto vivo). 6) Falha na aplicação, gerada pela geometria da peça.	1) Adequar e controlar as espessuras de camadas, aplicando a tinta com filme uniforme. 2) Controlar o perfil de jato. 3) Avaliar possíveis pontos de contaminação no ambiente. 4) Controlar o perfil de rugosidade, mantendo o perfil em no máximo 1/3 a ¼ da espessura da película de tinta. 5) Reajustar as ferramentas de corte, visando evitar a formação de arrestas de corte (cantos vivos). 6) Solicitar ao fabricante da tinta para ajustar o produto quanto ao seu desempenho em cantos vivos da chapa, quando formar fugas de bordas. 7) Verificar se a falha da pintura não foi gerada em função da formação do efeito gaiola de faraday em função da geometria da peça.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Crateras	Formação de uma pequena depressão arredondada sobre a superfície pintada. Pode apresentar-se de forma perfurante e apenas superficial. Também conhecida com olho de peixe.	1) Superfície contaminada por óleos, graxas ou gorduras. 2) Ambiente de pintura contaminado por silicones. 3) Uso de anti-respingos e desmoldantes a base de silicone em áreas próximas a pintura. 4) Ar comprimido contaminado. 5) Umidade sobre a peça e no ar. 6) Falta de instalação de purgadores e filtros de ar. 7) Incompatibilidade entre duas tintas.	1) Observar o tratamento de superfície quanto a presença de óleo. 2) Instalar purgadores de ar próximo às pistolas de pintura. 3) Efetuar a purga do compressor com certa freqüência. 4) Verificar se há utilização de anti-respingos e desmoldantes a base de silicone nos locais de realização de solda, eliminando o seu uso mesmo em áreas próximas da pintura. 5) Limpar toda a área de pintura. 6) Pintar peças logo após o tratamento e bem secas.
Impurezas no filme (Pontos)	São defeitos semelhantes a minúsculos grânulos que ocorrem aleatoriamente na superfície.	1) Impurezas impregnadas na superfície. 2) Uso de tinta recuperada sem efetuar a filtração do pó. 3) Presença de impurezas no ambiente. 4) Impregnação de abrasivo. 5) Presença de sujeiras no transportador ou na linha quando contínua. 6) Origem de golfadas geradas pela pistola durante a aplicação. 7) Malha da peneira pode estar furada. 8) Aplicação com tinta apresentando grumos.	1) Avaliar como está a estabilidade do produto (como está o aspecto do pó: compactado, presença de grumos) 2) Observar a limpeza do substrato. 3) Passar ar comprimido nas peças antes da pintura. 4) Efetuar a filtração das tintas a serem recuperadas, passando por uma peneira ou tela 60 a 100 mesh (muda de acordo com tipo de produto). 5) Verificar se a tela de filtração do pó a ser recuperado não está "rasgada" e/ou furada. 6) Manter o bico da pistola e defletor livre de pó impregnado. 7) Efetuar a limpeza da linha, inclusive da estufa, avaliando a parte lateral e superior das mesmas. 8) Instalar sistema de calhas abaixo da correia transportadora. 9) Para eliminar as golfadas durante a aplicação, deve-se regular a pressão de fluidização no reservatório de pó.
Baixa Fluidização	Característica de pó pesado e com pouca movimentação no tanque.	1) Presença de umidade ou óleo no ar comprimido. 2) Ar de acesso ao tanque obstruído. 3) Pó com umidade.	1) Verificar as condições de estocagem da tinta em pó. 2) Verificar o equipamento de desumidificação e filtros de óleo do sistema de ar comprimido. 3) Verificar possível obstrução nas mangueiras de ar comprimido. 4) Verificar a pressão de fluidização do reservatório de pó.
Marcas de lixa	Aspecto de riscos no filme de tinta após a cura retratando de forma parcial ou totalmente sobre a peça	1) Uso de lixa de grana muito grossa para o preparo da superfície. 2) Uso de ferramentas manuais e mecânicas (esmerilhadeira) de forma inadequada. 3) Filme aplicado muito fino.	1) Rever o disco das ferramentas utilizadas. 2) Lixar com lixa de grana mais fina 3) Treinamento dos operadores. 4) Controlar a espessura de camada.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Variação na Espessura	Diferença nas medições de espessuras de tintas aplicadas.	1) Inabilidade do Pintor. 2) Posição de pintura irregular para o pintor. 3) Geradas em função da geometria da peça e a atração eletrostática da tinta. 4) Necessidade de aplicação da tinta em espessuras de camada alta em 1 demão. 5) Estado de conservação dos ventures e dos bicos das pistolas. 6) Flutuação na pressão de ar comprimido. 7) Excesso de cruzamento de pontos de pistolas (sistema automático). 8) Peças com pouco aterramento. 9) Distância inadequada entre pistola e peça. 10) Relação errada de mistura entre pó virgem e recuperado.	1) Treinar os Pintores em aplicações práticas, controlando a espessura através de medições. 2) Realizar um estudo para se encontrar a melhor ergonomia para facilitar a pintura e uma melhor posição de trabalho para o pintor. **Nota:** Dependendo da geometria da peça a ser aplicada, poderá ocorrer variações de espessuras de camadas em partes das peças devido a dificuldade de pintura e a ação eletrostática do pó. 3) Realizar trocas periódicas dos ventures e dos bicos das pistolas. 4) Verificar possibilidade de se utilizar um compressor de ar exclusivo para a linha de pintura. 5) Não anexar a purga dos filtros manga à linha de ar das pistolas. 6) Ajustar a distância entre as pistolas para haver o mínimo cruzamento de áreas já pintadas. 7) Verificar a limpeza das gancheiras e o aterramento da cabine. 8) Reajustar a distância entre a pistola e a peça 15 a 20 cm. 9) Verificar se não há gancheiras amassadas. 10) Realizar treinamentos periódicos com os pintores citando sempre as vantagens de se manter o controla da camada. 11) Seguir orientação de mistura definida para as tintas em pó a serem recuperadas.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

15. PRODUTOS ESPECIAIS DA WEG

Visando atender as mais diversas aplicações no mercado, a WEG possui uma linha de produtos especiais para atender todos os clientes.

A WEG tem a disposição os seguintes produtos na linha especial:

Linha WF: Linha de tintas em pó à base de resina poliéster de alta performance aliado a pigmentos selecionados de alta resistência ao intemperismo, desenvolvida especialmente para aplicações em manufaturados destinados à arquitetura e construção civil.

Linha NOBAC: Sistema de revestimento antimicrobiano indicado para combater a proliferação de bactérias e fungos. Por apresentar alta resistência química é indicada para os segmentos ligados a saúde, cozinhas industriais e domésticas, áreas de processamento de alimentos, metais sanitários, entre outros.

Linha W-ECO: Durabilidade e segurança é o que oferece a exclusiva tinta W-ECO, isenta de metais pesados (chumbo, cromo, etc). É indicada principalmente para móveis escolares e infantis, móveis tubulares, brinquedos, utensílios domésticos, pintura de peças metálicas, máquinas e equipamentos em geral para exportação. Atende a diretiva RoHs e a NBR 11.786/2003.

Linha W-Zn: Única tinta em pó anticorrosiva do país, a W-Zn é utilizada como primer anticorrosivo, indicado para revestimento de peças metálicas, podendo até substituir a necessidade de utilização de chapas galvanizadas em certos casos. Um sistema de fosfatização mais tinta em pó convencional apresenta resistência à névoa salina de 500 horas, enquanto o desempenho do primer W-Zn supera 1.500 horas, podendo chegar até a 3.000 horas.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

TINTAS EM PÓ DE BAIXA CURA

As tintas em pó de baixa cura são indicadas para aplicação em materiais onde não é possível a cura no tempo especificado pelas tintas em pó convencionais devido a características do substrato ou a particularidades no processo de produção, como por exemplo:

- ✓ **Estufa fria**: a estufa não atinge a temperatura ideal de cura da tinta.
- ✓ **Peças muito grossas e pesadas**: Pintura de diferentes tipos de peças (tamanho e espessura) necessitando assim um tempo maior de estufa para a cura da tinta.
- ✓ **Ganho de produtividade**: Aumentar a velocidade da linha de pintura e ganhar maior produtividade. Em situações reais pode-se aumentar a velocidade do processo em até 50%.
- ✓ **Economia de energia**: Com menor temperatura haverá menor consumo de energia.
- ✓ **Substratos sensíveis ao calor**: Algumas ligas metálicas e outros tipos de substrato que não resistem à temperatura de 200 °C.

Segue na tabela abaixo a temperatura mínima de cura de algumas tintas em pó:

Tinta em pó baixa cura	Temperatura mínima de cura
Sistema Epóxi	140 °C
Sistema Híbrido	140 °C
Sistema Poliéster	170 °C

IMPORTANTE:

Tintas Lisas Baixa Cura: normalmente possuem maior efeito “casca de laranja” quando comparada com tinta lisa de cura normal.

Tintas Texturizadas Baixa Cura: normalmente possuem textura um pouco menor se comparada com uma tinta texturizada de cura normal.

Para maiores informações consulte a área técnica da WEG-TINTAS.

16. TINTAS EM PÓ METÁLICAS

INSTRUÇÕES PARA A CORRETA APLICAÇÃO DE TINTAS EM PÓ METÁLICAS

As tintas metálicas são diferentes das tintas em pó não metalizadas quanto ao comportamento na aplicação. Elas precisam de mais atenção durante o ajuste do equipamento para cada mudança de cor. Outros parâmetros de aplicação podem resultar em efeitos variáveis no revestimento.

As nuances mostradas nas cartelas de cores são aproximadas e podem variar de acordo com as condições de aplicação. Antes de recobrir todo o substrato, é aconselhável primeiramente pintar amostras em painéis de testes para verificar se o resultado é o desejado. Com isto previne-se a perda de um lote todo de peças aplicadas por falta de um ajuste prévio nas condições de aplicação. O fabricante da tinta não pode ser responsabilizado pela condenação posterior de um lote de peças se não houver um controle prévio como descrito acima.

Alguns tipos de peças, devido ao seu formato, podem não ser apropriados para aplicação em linhas automáticas.

Montagens posteriores de partes revestidas por diferentes aplicadores podem apresentar diferentes tonalidades.

A reflexão de cores metálicas depende do ângulo de incidência. Durante a aplicação, diferenças no aspecto do acabamento podem ser vistas em ângulos diferentes. (metamerismo geométrico).

É importante levar em consideração os seguintes pontos:

1 – A melhor uniformidade pode ser obtida com um equipamento automático. Toques manuais (cantos difíceis) devem ser feitos antes das peças passarem pelo equipamento automático.

2 – Para evitar manchas e estrias em superfícies grandes, é recomendado aplicar suficiente camada de tinta, observando:

- Deve existir uma instalação automática se houver mais de 2 pistolas de cada lado.
- Deve-se ajustar a velocidade da correia transportadora e do reciprocador até se obter o melhor resultado de aplicação.
- O mesmo deve ser feito com a nuvem de pó da pistola.
- O acúmulo de partículas metálicas no bico da pistola deve ser removido com freqüência para evitar o seu desprendimento repentino, o que gera manchas na peça aplicada.

3 – Distância recomendada da pistola para o substrato:

- Manual: 15 a 20 cm.
- Automática: 20 à 50 cm.

Esta distância depende da pressão de transporte e da saída do pó.

4 - Voltagem Ideal: 60 a 70 kV

Um aumento na voltagem dará uma deposição maior do pó metálico no substrato e pode causar um acúmulo de partículas de pó no bico da pistola. Como conseqüência, uma nuvem de tinta em pó variável, pode causar manchas no revestimento.

5 - A forma da nuvem de tinta em pó deve ser a mesma seja qual for o ponto de aplicação no substrato.

6 - A perda da pressão pode aparecer devido a diferentes comprimentos da mangueira de abastecimento de pó o acúmulo de partículas metálicas no interior da mesma. O comprimento recomendado é de no máximo 5 metros.

7 - A melhor posição dos perfis é de modo perpendicular às pistolas. Dependendo do angulo de incidência, mais ou menos partículas metálicas podem alcançar o substrato.

8 - Camadas de aplicação muito altas podem causar crateras. Observar a camada recomendada no boletim técnico do produto.

9 - Pós reciclados contém mais partículas metálicas que o pó virgem. Para manter uma cor estável, deve-se misturar no máximo 10% do pó reciclado ao pó virgem. Esta recomendação serve de ponto de partida. Pequenos ajustes podem ser feitos para se obter os melhores resultados.

10 – As partículas metálicas mostram uma tendência de se separar durante a aplicação. A fluidização deve ser controlada regularmente. Deve-se evitar fazer aplicações com o pó sendo alimentado diretamente da caixa.

11 - Por razões de reprodução do padrão de cor e aspecto, é importante que todos os parâmetros se mantenham constantes. Recomendamos registrar todos os parâmetros de aplicação, desta forma a qualidade se mantém entre os lotes.

NOTAS:

- As características acima apresentadas são típicas de tintas metalizadas pelo processo de mistura a seco (dry blend) onde as partículas metálicas estão soltas em meio ao pó.
- Nas tintas formuladas pelo sistema bonding os problemas de reciclagem do pó não são tão evidentes, sendo contudo uma prática recomendável não ultrapassar o teor de 20 - 30% de pó recuperado na mistura, como ocorre com as tintas não metalizadas. As tintas metalizadas por “bonding” apresentam as partículas metálicas coladas nos grãos de tinta, garantindo maior uniformidade na aplicação e na recuperação. Este processo é mais utilizado em tintas altamente reflexivas ou de efeito metálico intenso.
- Tintas craqueadas, ou seja, acabamento texturizado com veios metálicos requerem cuidados redobrados, pois, os parâmetros de aplicação afetam também o desenho da textura e por conseqüência o aspecto metalizado.
- Parâmetros e experiências advindas da aplicação de tintas convencionais não se aplicam aos trabalhos com tintas metálicas.

DIFERENÇAS DE COR

As tintas em pó metálicas, assim como as cores convencionais, são fabricadas de acordo com os padrões internacionais (RAL ou de acordo com o padrão indicado pelo cliente). Vale lembrar que o processo de aplicação (manual ou automático) e o tipo de equipamento (pistola, cabine, recuperação do pó) também têm influência no visual da peça acabada.

A condição ideal para a execução de um trabalho de pintura com tinta em pó metálica é fazê-la em uma única linha de aplicação, com estrita manutenção dos ajustes das pistolas durante todo o trabalho e mantendo constante a relação de tinta virgem/tinta recuperada (nos casos metálicos essa relação deve ser de 80/20 ou 90/10 tinta virgem/tinta recuperada) e, idealmente, usando um único lote de tinta.

A espessura da camada tem influência determinante nas variações de cor, ao contrário das aplicações de tintas convencionais, onde essa influência é mínima.

EQUIPAMENTO DE APLICAÇÃO

Deve-se ajustar as pistolas de forma que se obtenha uma nuvem homogênea, sem a presença de grandes velocidades na partícula do pó.

Deve-se verificar o aterramento da cabine, pistolas e, fundamentalmente, certificar-se de que a peça a ser pintada está devidamente aterrada.

A limpeza cuidadosa, em intervalos regulares, das mangueiras e pistolas, exerce também grande influência no processo. Deve-se lembrar que as tintas em pó metálicas são muito mais sujeitas a deposição nos equipamentos por adesão por impacto do que às tintas em pó convencionais.

A aplicação de tintas em pó metálicas somente pode ser feita a partir de reservatórios com adequada fluidização. Nunca se deve utilizar o pescador diretamente na caixa de tinta, mesmo com

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

dispositivo vibratório.

RECUPERAÇÃO DO PÓ

Para se obter cor, brilho e efeito metálico consistente é imprescindível **manter constante, desde o início do processo**, a relação de pó virgem/pó recuperado no reservatório. Para tanto é obrigatório que no início do trabalho se pulverize pó na cabine, sem peças a serem pintadas.

PISTOLAS DE APLICAÇÃO

Poucos produtos podem ser aplicados por pistolas com carregamento tribo. Caso se deseje aplicar tinta metálica com pistola tipo tribo, deve-se fazer um teste antes de se iniciar o trabalho para se certificar da possibilidade (mediante recomendação do fabricante).

Deve-se fazer a aplicação da tinta metálica regualando o equipamento de acordo com a indicação de tensão. Níveis elevados de tensão contribuem para maior variação de cor. Jamais se deve misturar, num mesmo trabalho, peças que tenha sido pintadas por pistola tribo e por pistola eletrostática tipo corona.

ATERRAMENTO

É muito importante a constante limpeza das gancheiras, pois o acúmulo de pó na mesma prejudica o aterramento, reduzindo assim a eficiência da aderência do pó na peça.

Para as tintas metálicas, o aterramento é condição de sucesso: **só é possível obter bom acabamento se a peça estiver aterrada corretamente**.

O que ocorre com as tintas metálicas é que existe a necessidade das correntes elétricas acumuladas na peça fluírem rapidamente para a terra, pois caso contrário, se elas se acumularem na superfície, geram faíscas, deixando um grande número de imperfeições na superfície. Para que as correntes fluam imediatamente para a terra é fundamental, portanto, que a peça esteja realmente aterrada.

RECOMENDAÇÕES GERAIS

Quando for necessário pintar os dois lados de uma peça, deve-se pintar o lado mais visível por último.

Deve-se tomar cuidado com a curva de cura do produto. Em tintas metálicas, mais do que o patamar de tempo e temperatura, a velocidade de aquecimento exerce grande influência no acabamento, cor e brilho da peça acabada. Deve-se ter muito cuidado quando misturando, numa mesma linha peças de espessuras diferentes.

Deve-se considerar que as experiências e parâmetros advindos de pintura em pó com tinta comum raramente se aplicam a pintura em pó com tintas metálicas. O aplicador deve se adequar a um processo específico para a pintura com tintas metálicas.

17. PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA, MANUSEIO E ARMAZENAMENTO DE TINTA EM PÓ

SEGURANÇA

A missão da segurança é: **Estabelecer**
Compreender
Aconselhar

Impor práticas seguras para prevenir qualquer acidente de trabalho que possa causar ferimentos pessoais, danos ao meio ambiente e prejuízos a empresa, são fatores importantes a serem considerados nela, assim como em qualquer outra atividade. Por isso faz-se necessária a participação de todos os níveis hierárquicos da empresa.

Filosofia da Segurança: ***Os acidentes não ocorrem por acaso. Eles são provocados, por condições inseguras ou atitudes incorretas.***

Devemos nos lembrar que os acidentes ocorrem quando:

- As pessoas não planejam adequadamente as operações a serem realizadas;
- As pessoas estão com pressa ou quando são pressionadas, pela supervisão ou chefia, a concluir o trabalho o mais rápido possível;
- Quando as pessoas não são treinadas adequadamente;
- As pessoas estão distraídas por fatores externos como: problemas pessoais, etc.
- Ocorre erro humano, má avaliação ou pânico.
- As pessoas estão em condições físicas deficientes ou quando estão sob efeito do álcool ou drogas;
- Há falta de manutenção dos equipamentos, e estocagem inadequada dos produtos químicos.

CARACTERÍSTICAS DA TINTA EM PÓ

- Odor: Fraco, não é desagradável.
- Aparência: Pó, não compactado de coloração variável.

PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- **Respiratória**: Caso a concentração de pó se situe acima dos limites de tolerância (6 mg/m^3) deverá ser usada uma máscara para pó, apropriada para esta finalidade (filtros de partícula P2). Eventualmente deverá ser usado outro tipo de equipamento de proteção respiratória.

- **Proteção para as mãos**: Não há necessidade de uso de luvas.
  Em caso de necessidade de contato direto com o pó, recomenda-se utilizar luvas de PVC. Em caso de haver contato direto com as mãos, após a lavagem das mesmas, deve-se repor a oleosidade perdida da pele usando-se creme hidratante.

- **Proteção da pele e do corpo**: Em caso de contato com a pele, lavar com água em abundancia e sabão neutro. Evitar o contato prolongado do pó com o pescoço e articulações das mãos devido a possíveis irritações da pele.

- **Proteção para os olhos**: quando necessário usar óculos de proteção.

- **Higiene industrial**: Observar instruções gerais de higiene no trabalho, mantendo limpa as roupas e sapatos após o uso.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

Manuseio: Pessoas que apresentam problemas respiratórios ou reações alérgicas em contato com o pó ou tintas em pó, não deverão trabalhar com este tipo de produto.

- Evitar contato com a pele, mucosas, olhos e inalação de pós.
- Não reutilizar a embalagem.
- Lavar as mãos após o manuseio.
- Não fumar, comer ou beber na área de manuseio.
- Manusear o produto em local fresco e arejado, longe de chamas, faíscas e fontes de calor.

Armazenamento: Estocar o material em áreas, secas, cobertas, bem ventiladas, sempre dentro de suas embalagens originais, na temperatura ambiente máxima de 30ºC e bem identificadas.
Manter o produto longe de fontes de calor e de ignição, afastado de alimentos e agentes oxidantes. Manter as embalagens sempre fechadas e identificadas. Embalagens abertas devem ser fechadas cuidadosamente e armazenadas com a abertura para cima, para impedir qualquer vazamento.
Pode-se empilhar no máximo 4 caixas. Proteger do calor e raios solares diretos. Observar as orientações da etiqueta e embalagem.

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL – EPI

Durante o manuseio das tintas em pó, nos serviços de pintura, alguns equipamentos devem ser usados de acordo com a necessidade.

Abaixo temos os principais equipamentos, utilizados:

Máscara do tipo descartável: para utilização nos locais onde haja a presença de pó em suspensão.

Óculos com proteção lateral: deverá ser usado sempre que estiver realizando trabalhos em áreas que envolvam operações que utilizem de abrasivos nas proximidades Como operações de jateamento.

WEG Indústrias S.A. - Tintas
Rodovia BR 280 – km 50 – 89.270-000 – Guaramirim - SC – Fone (47) 3276-4000 – Fax (47) 3276-5500 – www.weg.net

Protetores auriculares do tipo plug: reduzem os ruídos a níveis suportáveis. Deverão ser usados nas operações de jateamento, em função do barulho produzido pelo ar no bico de jato.

Luvas em PVC: para uso do pessoal em caso da necessidade de manuseio direto com o pó.

Todos os trabalhadores que estejam envolvidos nas atividades de pintura, deverão estar devidamente protegidos em relação ao pó formado nas cabines de pintura durante a aplicação.

As **toucas** também fazem parte da indumentária do pintor, elas servem para dar proteção à cabeça e ao pescoço do pintor, evitando contato do pó com a pele e cabelos.

As **roupas de trabalho** devem receber um tratamento também criterioso, mantendo-se sempre limpas. Não esquecer que os resíduos de tinta em pó, são a base de produtos químicos e vão se acumulando nas mesmas.

Aconselha-se que sejam **lavadas "em separado**", principalmente quando levadas para casa.

Enfatizamos que o uso do EPI é uma necessidade, quando o sistema de exaustão não apresenta uma boa eficiência. Deve-se usar somente o estritamente necessário.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A TINTA EM PÓ

Tinta em pó: Conforme a NBR 10.004 a tinta em pó é considerada como resíduo não perigoso (Classe II). Não podendo ser descartado em locais que levam a esgotos, rios, lagos e mananciais.

Resíduos de tinta em pó: Não descartar em cursos d'água. Dispor em aterro industrial ou incineração, de acordo com a legislação local vigente.

Embalagens Utilizadas: Descartar em instalações autorizadas. As embalagens limpas deverão ser envidas para reciclagem. As embalagens com resíduos deverão ser dispostas conforme legislação vigente local.

"O MAIS IMPORTANTE É SABER O QUE DEVE SER USADO E, CONSEQUENTEMENTE, USAR SEMPRE."

18. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instruções para aplicação de tintas em pó metálicas: Tradução do boletim 36 do instituto austríaco de tintas e vernizes – edição 10/2000.

Powder Coater's Manual: Powder Coated Institute. (www.powdercoating.org)

NUNES, Laerce de Paula. LOBO, Alfredo Carlos O. **Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998.

FAZENDA, Jorge M. R. (coordenador), **Tintas & Vernizes – Ciências e Tecnologia,** Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas, 3ª ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2005.

GENTIL, Vicente. **Corrosão,** Editora Guanabara, Rio de Janeiro.

ABRACO, Associação Brasileira de Corrosão, **Inspetor de Pintura Nível I**, Rio de Janeiro, Fev de 1988